

Adilson André Martins Monte

**VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E
TOMADA DE DECISÃO EM TENISTAS**

Tese submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Psicologia da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Doutor em Psicologia
Orientador: Prof. Dr. Emílio Takase

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Monte, Adilson André Martins

Variabilidade da frequência cardíaca e tomada de decisão
em tenistas / Adilson André Martins Monte ; orientador,
Emílio Takase - Florianópolis, SC, 2014.
155 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa
de Pós-Graduação em Psicologia.

Inclui referências

1. Psicologia. 2. Variabilidade da frequência cardíaca.
3. Tomada de decisão. 4. Decisão rápida. 5. Tênis. I.
Takase, Emílio. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Psicologia. III. Título.

Dedico esse trabalho aos tenistas voluntários, ao LEC e à UFSC.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos tenistas voluntários que participaram da pesquisa.

Minha profunda gratidão ao meu orientador Prof. Dr. Emílio Takase. Genial e talentoso na arte de criar, incentivar e incentivar a criar. Fundamental na construção desse trabalho. Obrigado! Parabéns! Amigo, é uma honra aprender contigo!

Agradeço ao Prof. Dr. Osni Jacó da Silva. Exemplo de excelência em desempenho e dedicação máxima aos objetivos traçados. Obrigado! É uma honra tê-lo como colega e amigo!

Agradeço ao Prof. Dr. Roberto Moraes Cruz pela dedicação, clareza e motivação tanto nas aulas como nas contribuições ao projeto.

Agradeço ao Prof. Ph. D. Jefferson Luiz Brum Marques pelas contribuições à pesquisa e pelo incentivo datado de 2005, minha primeira tentativa de incursão à carreira discente depois de longo tempo.

Agradeço ao Prof. Dr. Helio Roesler e à Profa. Aline Rodrigues Barbosa pelas contribuições, disponibilidade e disposição em avaliar e colaborar com a tese. Muito obrigado!

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGP/UFSC) pela oportunidade.

Agradeço a todos do LEC/UFSC!

RESUMO

O estudo investigou o comportamento da variabilidade da frequência cardíaca decorrentes de processos decisórios de tenistas que jogaram contra suas próprias filmagens de golpes de fundo de quadra e saques em uma única oportunidade. Processos cognitivos da atenção como o tempo de antecipação, acurácia e estabilidade das respostas foram avaliados em 63 tenistas vinculados à Confederação Brasileira de Tênis. Índices de variabilidade da frequência cardíaca foram correlacionados a esse processo. As correlações foram fracas em sua maioria com exceção às referenciadas ao estado anterior de repouso à execução da avaliação cognitiva. Índices da VFC como rpNN12 ($r=-0,61$; $P\text{-valor}<0,01$) e acurácia e rpNN12 ($r=-0,65$; $P\text{-valor}<0,01$) e tempo de antecipação obtiveram correlações negativas médias na avaliação cognitiva que envolvia golpes de fundo de quadra. Relacionadas aos filmes de saques, correlações negativas fortes e médias foram encontradas entre os índices rpNN10 ($r=-0,70$; $P\text{-valor}<0,01$) e tempo de antecipação, rpNN10 ($r=-0,67$; $P\text{-valor}<0,01$) e acurácia e entre rpNN22 ($r=-0,62$; $P\text{-valor}<0,01$) e estabilidade. Os resultados relacionam melhores escolhas a uma ativação limitada do sistema simpático. A avaliação cognitiva exigiu escolhas rápidas dos tenistas e provocou um comportamento da VFC equivalente a um teste de reação simples em que sujeitos com maiores índices de VFC não obtiveram melhores desempenhos. Tenistas profissionais destacaram-se no componente estabilidade do desempenho da tarefa de tomada de decisão, porém foram superados na acurácia e nos tempos de antecipações pelos amadores. Pesquisadores afirmam que experiências passadas influenciam nas tomadas de decisões em menos de meio segundo, o que não se fez notar na comparação dos resultados entre as categorias dos tenistas nessa pesquisa. Fato que pode ser explicado pela atual falta de métodos e instrumentos dedicados ao aperfeiçoamento dos componentes dos processos cognitivos dos praticantes dessa modalidade. Espera-se que o sistema desenvolvido e as informações contidas nesta tese possam servir a essa causa.

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca. Tomada de decisão. Decisão rápida. Atenção. Tênis.

ABSTRACT

The study investigated the behavior of heart rate variability derived from decision-making processes of tennis players who have played against their own footage baseline stroke (forehand e backhand) and service in a lifetime opportunity. Components of cognitive performance as time score, accuracy and stability of the responses of 62 tennis players linked to the CBT were evaluated. Indices of heart rate variability were correlated with this process. Weak correlations that resulted mostly. Exception referenced to the previous state of the rest of the game running (baseline stroke). HRV indexes as rpNN12 ($r = -0.61$, $P - \text{value} < 0.01$) and accuracy and ($r = -0.65$, $P - \text{value} < 0.01$) and reaction time average correlations obtained in the match involving scams of the baseline. Related movies services, strong and averages correlations were found between rpNN10 ($r = -0.7$, $P - \text{value} < 0.01$) indices and reaction time, ($r = -0.67$, $P - \text{value} < 0.01$) and between accuracy and rpNN22 ($r = -0.62$, $P - \text{value} < 0.01$) and stability. The results relate better choices to a limited activation of the sympathetic system. The cognitive assessment demanded quick choices tennis players and provoked behavior HRV equivalent to a test of simple reaction, that subjects with higher levels of HRV did not obtain better performance. Professional tennis players stood out component of stability of task performance in decision making, but were surpassed in accuracy and times of prepayments by amateurs. Researchers claim that past experiences influence the performance of decisions that occur in less than half a second, which is not noted in the comparison of results between categories of tennis players in this study. This fact can be explained by the current lack of methods and instrumentation dedicated to the improvement of the components of the cognitive processes of the practitioners of this modality. It is expected that the developed system and the information contained in this thesis can serve this cause.

Keywords: Heart rate variability. Decision making. Quick decisions. Attention. Tennis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Teclas específicas para escolha do lado de destino da bola ...	45
Figura 2. Indicação da escolha do testado (Direita), acurácia da escolha (Certa) e tempo de antecipação (235 ms).....	46
Figura 3. Indicação do tempo de antecipação acumulado (escore de tempo) durante a realização da avaliação.....	47
Figura 4. Placar e <i>feedback</i> gráfico do sistema durante a coleta.	47
Figura 5. Tenista avaliado em estado de repouso (sentado).	48
Figura 6. Sistema esquemático simplificado para aquisição dos dados para os cálculos da VFC.....	49
Figura 7. Protótipo de aquisição dos intervalos RR cardíacos.	49
Figura 8. Protótipo de aquisição dos intervalos RR cardíacos (<i>arduíno</i>).	50
Figura 9. Indicação da frequência cardíaca, intervalo R-R e frequência respiratória em tempo real.....	51
Figura 10. Exemplo de relatório gerado pelo <i>software Kubios HRV version 2.0</i>	52
Figura 11. Faixa elástica extra utilizada para eliminar ruídos.....	53
Figura 12. Tela de gravação de dados pelo sistema.	53
Figura 13. Ilustração da posição inicial do tenista no estudo 1.	55
Figura 14. Estudo 1 - Filmadora à distância de 1 metro da rede (d) e 1,30 metro do chão (h).	55
Figura 15. Estudo 1 - Posicionamento da filmadora na quadra de tênis	56
Figura 16. <i>Backhand</i> cruzado com a correspondente escolha correta no teclado.	57
Figura 17. <i>Backhand</i> paralelo com a correspondente escolha correta no teclado.	57
Figura 18. <i>Forehand</i> cruzado com a correspondente escolha correta no teclado.	58
Figura 19. <i>Forehand</i> paralelo com a correspondente escolha correta no teclado.	58
Figura 20. Estudo 1 - Divisão da avaliação em etapas para a análise. ..	59
Figura 21. Estudo 2 - Filmadora à altura de 1,30 metro do chão (h).....	60
Figura 22. Estudo 2 - Posicionamento da filmadora na quadra de tênis (lado vantagem).....	60
Figura 23. Estudo 2 - Posicionamento da filmadora na quadra de tênis (lado iguais).....	61
Figura 24. Saque no lado iguais aberto.	61
Figura 25. Saque no lado iguais fechado.....	62

Figura 26. Saque no lado vantagem fechado.	62
Figura 27. Saque no lado vantagem aberto.	63
Figura 28. Estudo 2 - Divisão da avaliação em blocos para análise.	63
Figura 29. Correlações entre o Escore de tempo e rpNNx do estudo 1..	69
Figura 30. Correlações entre a acurácia e rpNNx do estudo 1.	69
Figura 31. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 1.	75
Figura 32. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 1.	75
Figura 33. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 1.	75
Figura 34. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 1.	77
Figura 35. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 1.	77
Figura 36. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 1.	77
Figura 37. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 1.	78
Figura 38. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 1.	78
Figura 39. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 1.	79
Figura 40. Correlações entre o Escore de tempo e rpNNx para o estudo 2.	83
Figura 41. Correlações entre a acurácia e rpNNx para o estudo 2.	83
Figura 42. Correlações entre a estabilidade e rpNNx para o estudo 2.	84
Figura 43. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 2.	90
Figura 44. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 2.	90
Figura 45. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 2.	91
Figura 46. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 2.	91
Figura 47. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 2.	92
Figura 48. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 2.	92

Figura 49. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 2.	93
Figura 50. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 2.	93
Figura 51. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 2.	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DP – Desvio padrão

FE - Funções Executivas

HF - *High Frequency*. Frequência alta da VFC pela análise espectral; indica atividade do sistema nervoso parassimpático

ITF - Federação Internacional de Tênis

LB – Linha de base

LF - *Low Frequency*. Frequência baixa da VFC pela análise espectral; indica atividade do sistema nervoso simpático

LF/HF - Relação entre os componentes LF e HF; representa o predomínio da atividade simpática

TG - Exato momento em que o tenista “golpeia” a bola. Momento do desfecho do golpe.

VFC - Variabilidade da Frequência Cardíaca

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Componentes do desempenho (tomada de decisão).	38
Tabela 2. Índices da VFC no domínio temporal.....	39
Tabela 3. Índices da VFC no domínio da frequência.	40
Tabela 4. Índices da VFC no domínio não linear.	40
Tabela 8. Participantes do estudo 2 por categoria e gênero.....	59
Tabela 6. Participantes do estudo 2 por categoria e gênero.....	64
Tabela 7. Correlações entre o componente escore de tempo (tempo de antecipação) e os índices de VFC - Estudo 1.	65
Tabela 8. Correlações entre o componente acurácia e os índices de VFC - Estudo 1.	66
Tabela 9. Correlações entre o componente estabilidade e os índices de VFC - Estudo 1.....	66
Tabela 10. Correlações em relação à LB entre o componente escore de tempo (tempo de antecipação) do desempenho e os índices da VFC - Estudo 1.....	67
Tabela 11. Correlações em relação à LB entre o componente acurácia do desempenho e os índices da VFC - Estudo 1.	67
Tabela 12. Correlações em relação à LB entre o componente estabilidade do desempenho e os índices da VFC - Estudo 1.	68
Tabela 13. Correlações entre os componentes do desempenho (tomada de decisão) e o índice rpNN12 de VFC - Estudo 1 (dados obtidos a partir do <i>software Stata/SE</i> versão 12.0.	70
Tabela 14. Correlações entre os componentes do desempenho (tomada de decisão) o índice rpNN12 de VFC - Estudo 1 (dados obtidos a partir do <i>software Curvexpert Professional</i> versão 2.0.3.....	70
Tabela 15. Classificação por categoria em relação ao desempenho (tomada de decisão) para o estudo 1.	71
Tabela 16. Valores limites pra os quartis dos componentes do desempenho (tomada de decisão) para o estudo 1.....	71
Tabela 17. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (tempo de antecipação, escore de tempo) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.	72
Tabela 18. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (acurácia) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.....	72
Tabela 19. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (estabilidade) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.....	73

Tabela 20. Comparação do desempenho (tomada de decisão) entre categorias de tenistas (estudo 1) (MANOVA).....	73
Tabela 21. Índices de VFC conforme a categoria de tenistas na Linha de base (MANOVA).....	74
Tabela 22. Índices de VFC conforme a categoria de tenistas durante a avaliação (MANOVA).....	74
Tabela 23. Correlações entre o componente escore de tempo (tempo de antecipação) e os índices de VFC - Estudo 2.....	80
Tabela 24. Correlações entre o componente acurácia e os índices de VFC - Estudo 2.	80
Tabela 25. Correlações entre o componente estabilidade e os índices de VFC - Estudo 2.	81
Tabela 26. Correlações em relação às LB individuais entre o componente escore de tempo (tempo de antecipação) do desempenho e os índices da VFC - Estudo 2.....	81
Tabela 27. Correlações em relação às LB individuais entre o componente acurácia do desempenho (tomada de decisão) e os índices da VFC - Estudo 2.....	82
Tabela 28. Correlações em relação às LB individuais entre o componente estabilidade do desempenho (tomada de decisão) e os índices da VFC - Estudo 2.	82
Tabela 29. Correlações entre os componentes do desempenho da tarefa de tomada de decisão, rpNN10 (escore de tempo e acurácia) e rpNN22 (estabilidade) durante a avaliação para o estudo 2 (dados obtidos a partir do <i>software Stata/SE versão 12.0</i>).	84
Tabela 30. Correlações entre os componentes do desempenho da tarefa de tomada de decisão, rpNN10 (escore de tempo e acurácia) e rpNN22 (estabilidade) durante a avaliação no estudo 2 (dados obtidos a partir do <i>software Curvexpert versão 2.0.3</i>).	85
Tabela 31. Classificação por categoria em relação ao desempenho (tomada de decisão) para o estudo 2.	86
Tabela 32. Valores limites pra os quartis dos componentes do desempenho (tomada de decisão) para o estudo 2.	86
Tabela 33. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (tempo de antecipação, escore de tempo) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.....	87
Tabela 34. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (acurácia) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.	87

Tabela 35. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (estabilidade) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.....	88
Tabela 36. Comparação do desempenho (tomada de decisão) entre categorias de tenistas (estudo 2) (MANOVA).	88
Tabela 37. Índices de VFC conforme a categoria entre tenistas na LB individualizadas (MANOVA).	89
Tabela 38. Índices de VFC conforme a categoria de tenistas durante a avaliação (MANOVA).	89
Tabela 39. Comparação dos componentes do desempenho (tomada de decisão) entre os dois estudos.	94
Tabela 40. Comparação dos índices de VFC entre os dois estudos durante a LB.....	95
Tabela 42. Comparação dos índices de VFC entre os dois estudos durante a avaliação.	95

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	14
ÍNDICE DE TABELAS.....	15
SUMÁRIO	18
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 OBJETIVOS.....	24
2.1 Objetivo geral	24
2.1.1 Objetivos Específicos	24
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	25
3.1 Funções Executivas.....	26
3.2 Sistema nervoso autônomo e variabilidade da frequência cardíaca	28
3.3 Tomada de decisão.....	31
4 MÉTODO	37
4.1 Caracterização da pesquisa	37
4.2 Variáveis envolvidas na investigação	38
4.3 Divisão da pesquisa	41
4.4 Participantes da pesquisa	41
4.5 Ambiente, local e procedimentos básicos	42
4.6 Tratamento estatístico	43
4.7 Instrumentação (sistema desenvolvido).....	44
4.7.2 Aquisição/verificação dos índices de variabilidade da frequência cardíaca	48
4.7.3 Tabulação de dados e relatórios do sistema.....	53
4.8 Características do Estudo 1	54
4.8.1 Participantes.....	59
4.9 Características do Estudo 2.....	59
4.9.1 Participantes.....	63

5	RESULTADOS	65
5.1	Resultados do Estudo 1	65
5.1.1	Correlações entre a variabilidade da frequência cardíaca e desempenho (tomada de decisão)	65
5.1.2	Classificação por categoria	70
5.1.3	Características da variabilidade da frequência cardíaca quanto à classificação	72
5.1.4	Comparação do desempenho (tomada de decisão) e da VFC por categoria	73
5.1.5	Desempenho (tomada de decisão) por categoria com o decorrer da avaliação	74
5.2	Resultados do Estudo 2	80
5.2.1	Correlações entre variabilidade da frequência cardíaca e desempenho (tomada de decisão)	80
5.2.2	Classificação por categoria	85
5.2.3	Características da variabilidade da frequência cardíaca quanto à classificação	86
5.2.4	Comparação do desempenho (tomada de decisão) e da VFC por categoria	88
5.2.5	Desempenho (tomada de decisão) por categoria com o decorrer da avaliação	89
5.3	Comparação entre os estudos	94
6	DISCUSSÃO	96
6.1	Comparações entre os dois estudos	96
6.2	Correlações entre VFC e desempenho (tomada de decisão)	97
6.3	Comparação entre categorias	101
26	CONCLUSÕES	109
27	SUGESTÕES	112
	REFERÊNCIAS	114
	ANEXO 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e documento de aprovação do Comitê de Ética.	136
	ANEXO 2 - Exemplo de programação de <i>Sketch</i> do protótipo construído com a plataforma <i>arduino</i> para a aquisição dos sinais de VFC pelo sistema.	142

APÊNDICE 1 - Exemplo de algumas operações estatísticas utilizadas para o tratamento e análise dos resultados	143
APÊNDICE 2 - Cálculos utilizados para a comparação entre os estudos golpes de fundo (estudo 1) e saques (estudo 2).....	147
APÊNDICE 3 - Cálculo das correlações realizadas pelo <i>software Curvexpert Professional 2.0.3</i> para o estudo 1.	149
APÊNDICE 4 - Cálculo das correlações realizadas pelo <i>software Curvexpert Professional 2.0.3</i> para o estudo 2	151
APÊNDICE 5 - Relato informal sobre o desenvolvimento do projeto	154

1 INTRODUÇÃO

Durante décadas, pesquisadores das áreas de Psicologia, Fisiologia e Biomecânica têm investigado os mecanismos que afetam o desempenho da elite dos atletas das modalidades esportivas de precisão (Hatfield & Kerick, 2007; Goodman et al., 2009).

Com o objetivo de alcançar melhores rendimentos esportivos, atletas dedicam-se a treinamentos físicos, técnicos e táticos, adquirindo nestes quesitos níveis semelhantes de desempenho (Weinberg & Gold, 2001). Ayan (2005) sugere aos atletas de alto rendimento que procuram por recursos que tragam algum diferencial em relação aos seus concorrentes o treinamento dos aspectos psicológicos. Algumas modalidades esportivas como o tênis e o tênis de mesa, por exemplo, dependem muito mais do fator psicológico do que do físico (Takase, 2005).

Manuais de Psicologia do Esporte (Buriti, 1997; Weinberg & Gold, 2001; Samulski, 2002) sugerem programas de treinamentos das habilidades psicológicas que abordam aspectos que representam a interação de fatores psicológicos e fisiológicos (psicofisiológicos) relacionados ao nível de ativação, à ansiedade e ao estresse (Weinberg & Gold, 2001; Brandão, 2004).

A prática esportiva está intimamente relacionada ao nível de ativação. Estudos relatam que um lutador de boxe com baixo nível de ativação provavelmente não contará com todo o potencial de sua musculatura, assim como um atleta de tiro ao alvo com um elevado nível de ativação comprometerá sua motricidade fina. Observar os aspectos psicológicos de atletas durante suas práticas pode revelar importantes interferências de seu nível de ativação na capacidade de atenção, memorização e tomada de decisão (Barra Filho & Miranda, 1998; Román & Savóia, 2003; Emerson, Mollet & Harrison, 2005).

As capacidades de atenção e memorização são processos cognitivos que influenciam no rendimento dos atletas e a responsabilidade pela integração e regência desses centros de processamentos é dada às funções executivas (FE) do cérebro (Goldberg, 2002). Decidir é uma função executiva cerebral responsável pela avaliação, ponderação e integração de informações de várias áreas do cérebro para o ordenamento efetivo de uma resposta (Ernst & Paulus, 2005; Sternberg, 2000). Esse fenômeno é estudado pela Psicologia Cognitiva, abordagem

que engloba áreas do conhecimento que estudam a interação dos fatores psicológicos e fisiológicos e o conhecimento dessa interação permite uma abordagem dos aspectos fisiológicos sobre os psicológicos. Correlações entre medidas de origem fisiológica e comportamentos específicos das funções psíquicas durante a execução de uma tarefa pode propiciar indicativos que subsidiem processos de otimização no desempenho de atletas (Rose, 1981; Brandão, 2004).

Semelhante a outros estudos (Teixeira, 2008; Achten & Jeukendrup, 2003; McDowell & Perry, 2011; Laurent, 2004; Carvalho et al., 2001; Petry et al., 2007; Nunes et al., 2007; Barros & Brito, 1998; Sztajzel, 2004, Buccelletti et al, 2012), a presente pesquisa verificou a interação dos fatores psicológicos e fisiológicos pela monitoração da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), ferramenta que avalia o equilíbrio da atuação dos ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo (SNA). Para isso, foram desenvolvidas ferramentas específicas em que os próprios autores foram responsáveis pelo projeto, construção e avaliação dos protótipos que foram dedicados e adaptados ao ambiente esportivo e adequados às características de uma modalidade esportiva específica: o tênis.

Apesar de não ser um esporte rotineiramente divulgado na mídia nacional, o tênis conta com um expressivo número de praticantes no país. Segundo Bartholo & Soares (2006) houve um aumento exponencial de tenistas amadores e profissionais a partir dos anos 2000 no nosso país, em 2006, segundo a Federação Internacional de Tênis (ITF), havia por volta de 1,4 milhão de tenistas no Brasil.

O tênis é uma modalidade esportiva de precisão que exige de seus praticantes decisões “rápidas e quentes”. No jogo de tênis há frações de segundos para se tomar decisões (rápidas) e pelas regras, qualquer tipo de erro premia o adversário (decisões quentes), características importantes e peculiares desse esporte que submetem o rendimento dos seus praticantes ao desempenho dos processos cognitivos envolvidos nessas situações/decisões.

Tanto nas quadras de tênis quanto em situações cotidianas existem circunstâncias que exigem decisões. No esporte, o ato de decidir com eficiência diferencia vencedores de derrotados. Espera-se que as informações advindas da aplicação do novo sistema assim como a sua própria concepção, contribuam para o conhecimento da integração dos aspectos psicológicos aos

fisiológicos no processo decisório, com esse objetivo essa pesquisa respondeu a seguinte questão: existe relação entre a variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho de tenistas numa tarefa de tomada de decisão?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as correlações entre a variabilidade da frequência cardíaca e a tomada de decisão em tenistas.

2.1.1 Objetivos Específicos

- Construir um sistema informatizado (*hardware e software*) de baixo custo destinado à mensuração do desempenho de uma tarefa de tomada de decisão e dos sinais de VFC de forma automática, simultânea e em tempo real;
- Comparar as categorias de tenistas quanto ao desempenho dos componentes de uma tarefa de tomada de decisão: tempo de antecipação, acurácia e estabilidade e às respostas fisiológicas da VFC;
- Comparar o desempenho de uma tarefa de tomada de decisão em relação ao tipo de golpe (fundo de quadra e saque);

3 REVISÃO DE LITERATURA

A Ciência Cognitiva reconhece que o cérebro, principal órgão do sistema nervoso (Guyton, 1993) e todas as suas estruturas formam a base de todo processamento de sensações, cognições, sentimentos e movimentos (Matlin, 2004).

Atualmente, as investigações dos processos básicos estudados pela Psicologia Cognitiva da relação cognição-cérebro-comportamento cabem à Neuropsicologia e é comum o uso de suportes tecnológicos como, por exemplo: a neuroimagem cerebral, nas avaliações das funções cognitivas (Alchieri, 2003; Mäder, 2001). Gilbert e Burgess (2008) definem funções cognitivas como processos executivos de alto nível que planejam novas formas de comportamento, otimizando a abordagem do indivíduo às circunstâncias até então não familiares. São funções superiores como atenção, inteligência, memória, com ênfase na linguagem e no pensamento, processos que caracterizam desde aspectos da percepção até as funções executivas (FE) e demais comportamentos (Andrade et al., 2007; Alchieri, 2003).

As FE referem-se à capacidade de um indivíduo decidir-se, organizar-se e controlar-se diante de determinadas situações. Essas funções causam ativação do córtex pré-frontal e operam na capacidade de abstração e execução de ações dirigidas a metas e planejamentos. Possuem relevada importância na realização de tarefas diárias e no convívio social adequado (Vager & Smith, 2003; Green, Green & Walters, 1999; Saboya, Franco & Mattos, 2002). Miyake et al. (2000) afirmaram que as FE são mecanismos de controle geral que modulam a operação de vários processos cognitivos e regulam a dinâmica da cognição humana. Fontes (2001) definiu FE como um conjunto de atributos cerebrais que compreendem processos cognitivos orientados ao cumprimento de metas, com papel fundamental na organização e no planejamento de todas as ações humanas relacionadas à adaptação do organismo ao ambiente, à manutenção da iniciativa, estabelecimento de metas e reestruturação de estratégias. Matlin (2004) afirmou que é o executivo central que seleciona estratégias e executa planos.

3.1 Funções Executivas

As FE representam uma série de processos cognitivos responsáveis pela iniciação e inibição de comportamentos. O planejamento de ações e sua sequência de execução, a tomada da decisão, a autoavaliação, a flexibilidade cognitiva, o raciocínio verbal e a resolução de problemas são todos processos das FE cujo principal objetivo é promover um meio de solucionar problemas, para isso, controlam e organizam comportamentos em razão de um objetivo, avaliam metas e ajustam comportamentos (Gilbert & Burgess, 2008, Lezak, Howieson & Loring, 2004; Welsh & Pennington, 1988).

Essas definições de FE deram origem às expressões “Cérebro Executivo” e “Executivo Central” que surgiram devido a uma analogia ao executivo de empresa na função de administrador, à tarefa desse profissional que tem que gerenciar comportamentos em função de objetivos bem definidos (Goldberg, 2002). O cérebro executivo é um organizador de atividades cognitivas específicas que nos humanos solucionam problemas por meio de um conjunto de processos cognitivos integrados conhecidos como FE.

O desempenho cognitivo de um indivíduo é representado por sua capacidade de realizar tarefas relacionadas a processos cognitivos: atenção, memória, funcionamento executivo, orientação, velocidade de processamento de informações, atividades psicomotoras e percepção (Capovilla, Assef & Cozza, 2007; Lezak, Howieson & Loring, 2004). Desempenho que pode ser avaliado por meio de avaliações neuropsicológicas. Em geral, essas avaliações utilizam instrumentos padronizados com objetivo de investigar as funções ou disfunções cerebrais (Lezak, Howieson & Loring, 2004). Avaliações que para autores como Vestberg et al. (2012) podem até mesmo prever o sucesso no esporte.

Porém, há certa dificuldade de compreender as FE como um construto único já que englobam inúmeros componentes cognitivos. Tarefas que avaliam os mesmos construtos nem sempre possuem resultados correspondentes. Há tarefas tão complexas que impossibilitam o desempenho de domínios específicos (Mata et al., 2010), fatos que geraram propostas de categorização de seus componentes como a sua divisão em

“frios” e “quentes” (Séguin, Arseneault & Tremblay, 2007, Chan et al., 2008; Buelow & Suhr, 2009)

Os componentes “frios” das FE são os componentes puramente cognitivos que envolvem problemas abstratos baseados na lógica e que não dependem de envolvimento emocional (planejamento, sequenciamento, flexibilidade e inibição cognitiva), processos que ocorrem e envolvem o córtex pré-frontal dorsolateral. Os componentes “quentes” estão associados ao córtex órbito frontal e executam tarefas decisórias envolvendo aspectos afetivos e motivacionais, portanto, que envolvem a resolução de conflitos emocionais e interpessoais, portanto, sociais. Comportamentos em que as punições e reforços estão presentes (Chan et al., 2008).

O famoso caso do operário norteamerinano Phineas Gage relatado por Damásio (1996) é um exemplo clássico dessa divisão das FE. Gage após sofrer grave lesão frontal demonstrou um comportamento social inaceitável, porém não apresentou problemas com demandas de raciocínio lógico, o acidente prejudicou suas FE quentes (habilidades sociais), mas não alterou as frias.

Carvalho et al. (2012) submeteram 60 pessoas à avaliações das FE, testes que discriminavam componentes quentes e frios das FE e chegaram à conclusão de que se deve investir na procura por instrumentos que meçam construtos específicos de cada componente e que os componentes quentes devam ser priorizados. Os autores sugerem o uso do *Iowa Gambling Task* (IGT) ou do *Stroop* emocional para esse fim. Em suas pesquisas, não encontraram correlações significativas entre os resultados do teste de IGT (Bechara, Damásio & Damásio, 2000) e outras FE avaliadas por testes similares que envolviam FE frias, tais como: flexibilidade cognitiva e velocidade psicomotora.

O IGT é uma avaliação que envolve apostas com cartas e que submete a capacidade de estimar probabilidades, de controle de impulsos e da memória operacional do avaliado. Evidencia falhas em comportamentos semelhantes às apresentadas pelo avaliado na vida real (conotação ecológica). É uma ferramenta para avaliação de diversos quadros psicopatológicos: pacientes com transtorno obsessivo-compulsivo (Lawrence et al., 2006); jogadores compulsivos (Goudriaan et al., 2005); dependentes químicos (Bechara & Damásio, 2002; Woicik et al., 2009) e

esquizofrênicos (Sevy et al., 2007). Na lógica do teste, os avaliados desenvolvem gradativamente a estratégia de escolha das cartas dos baralhos que resultam em ganhos ou perdas em longo prazo, é um exemplo clássico de avaliação das FE quentes.

Damásio, construtor do IGT, propôs em “O Erro de Descartes” a participação dos processos emocionais na tomada de decisão. Tarefa que o médico psiquiatra norteamericano Stephen Porges aprofundou em suas pesquisas. Porges (2011) pesquisou a relação entre o nervo vago, o músculo cardíaco e a emoção humana. Em 1969, metaforizou o décimo nervo craniano (nervo vago) a uma pista de alta velocidade, vinculou esse feixe de nervos às tomadas de decisões e indicou a sua monitoração pela VFC. Porges (2011) propôs a VFC como parâmetro indicador de saúde assim como pressão arterial ou níveis de colesterol.

Inicialmente pesquisando com bebês e crianças, Porges (2001) propunha que corações que reagiam rapidamente (resilientes) eram mais saudáveis. Relatou que bebês com essa capacidade tinham melhores comportamentos quando criança, que a “rapidez” no coração ajudava o cérebro a “andar” mais devagar. Em 1992, sua teoria foi confrontada por um médico neonatologista baseado no falecimento de recém-nascidos por efeito de taquicardia ou pela paralisação brusca do músculo cardíaco. Em 1994, Porges (2011) reformulou sua teoria, afirmando que o nervo vago possui duas porções: a parte mamífera e a parte reptiliana e que o desequilíbrio entre as mesmas era comum nos primeiros dias de vida. Para Porges (2011), as duas partes atuam simultaneamente sendo que a reptiliana possui maior velocidade no que se refere ao tempo de resposta. Sabe-se que a paralisação em reptéis é comum em momentos de perigo, o que explicava os problemas neonatais extremos. Em 2000, essa associação das atividades cerebrais ao sistema nervoso autônomo (SNA) foi proposta no modelo de integração neurovisceral de Thayer & Lane (2000, 2009).

3.2 Sistema nervoso autônomo e variabilidade da frequência cardíaca

O modelo de integração neurovisceral de Thayer e Lane (2000) propõe uma ligação recíproca entre desempenho das funções executivas e os processos fisiológicos e sugerem a VFC

como mediador dos processos fisiológicos com os psicológicos (Thayer e Lane, 2009).

A VFC é um indicador da reatividade do sistema nervoso autônomo (SNA) que é responsável por inúmeras funções de controle no corpo humano o que inclui as respostas emocionais associadas às ações voluntárias (Kolb & Whishaw, 2002). O SNA regula os recursos fisiológicos de um indivíduo conforme a demanda exigida pelo ambiente. Para fins clínicos, a análise da VFC começou a ser utilizada por Hon & Lee (1965) em recém-nascidos. Ewing et al. (1985) detectaram neuropatia autonômica em pacientes diabéticos mensurando índices de VFC nos anos 70. Wolf et al. (1978) associaram maiores riscos de mortalidade pós-infarto à reduções de VFC em pacientes cardíacos. A partir da década de 80, quando foi confirmada sua forte predição à mortalidade após infarto agudo do miocárdio, a importância clínica da monitoração da VFC tornou-se evidente (Task force, 1996). Atualmente, pela sua análise, detectam-se doenças cardiovasculares e tônus predominante (simpático ou parassimpático).

A avaliação dos índices de VFC tem representado um promissor marcador quantitativo do balanço autonômico do SNA (Geisler et al. 2013; Quintana, Heathers & Kemp, 2013). A VFC descreve as oscilações no intervalo de tempo entre consecutivos batimentos cardíacos (intervalos R-R) (Bernstson et al, 1997; Acharya et al. 2006; Sztajzel, 2004). Trata-se de uma medida que pode ser utilizada para avaliar a modulação do SNA sob condições fisiológicas específicas, tais como em situações de vigília e sono, diferentes posições do corpo, treinamento físico e em condições patológicas (Vanderlei et al., 2009). A mensuração dos índices de VFC possibilita a observação da adaptação fisiológica do sistema cardiovascular. De forma simples e não invasiva, monitoram-se situações que afetam o SNA (Achten & Jeukendrup, 2003; Zuttin et al., 2008; Ahs et al., 2009).

Baixos índices de VFC sugerem ativação simpática e pouca modulação parassimpática. Elevados índices de VFC são observados em condições de saúde e cognição preservada. Sujeitos com níveis significativos de ansiedade, estresse e ativação possuem maior tendência à diminuição da VFC o que indica possível disfunção da regulação autonômica, em especial da inervação vagal (Meersman & Stein, 2007). Vanderlei et al. (2009) afirmaram que baixos índices de VFC relacionam-se com

maiores índices de morbidade e mortalidade cardiovascular, com presença de disfunção fisiológica do organismo. Várias pesquisas relacionaram desempenho cognitivo à VFC (Fairclough, Venables & Tattersall, 2005; Hansen et al., 2004; Hansen, Johnsen, & Thayer, 2003; Hansen et al., 2007; Luft, Takase & Darby, 2009; Zhong et al., 2005; Pagani et al., 1997; Achen & Jeukendrup, 2003; Park, Lee & Jeong, 2007; Sandercock, 2007). De maneira geral, essas pesquisas relataram que sujeitos com maiores índices de VFC possuíam melhores desempenhos em tarefas executivas.

Hansen et al (2004) em experimento com trinta e sete marinheiros da Marinha Real Norueguesa relataram que em tarefas que envolveram tempo de reação simples, essa relação não se manifestou. Os mesmos autores (Hansen et al., 2003) por meio da VFC investigaram em cinquenta e três marinheiros os efeitos da ativação do nervo vagal durante a realização de tarefas executivas e não executivas. Utilizando o índice rMSSD como indicador da VFC, os marinheiros foram divididos em dois grupos: de alta VFC e de baixa VFC. Os resultados indicaram que os marinheiros do grupo que possuía alta VFC conseguiram mantê-la elevada durante os testes cognitivos e alcançaram melhores desempenhos. Esse grupo apresentou maiores índices de acertos e maior rapidez nas respostas quando comparado ao outro grupo. Os autores concluíram que o desempenho das FE associa-se à ação do sistema parassimpático para tarefas executivas. Relataram também que diferenças não foram estatisticamente significativas no desempenho cognitivo para tarefas não executivas entre os dois grupos.

Thayer & Brosschot (2005) e Thayer & Lane (2000), também afirmaram que sujeitos com maiores índices de VFC saíam-se melhor em tarefas executivas, mas não se diferenciavam quando em tarefas de reações simples (Hansen et al., 2004). Testes de tempo de reação simples exigem informações detalhadas de curtas porções de tempo que só foram acessadas com a evolução tecnológica. Em velocidades elevadas, detalhes são imperceptíveis aos nossos sentidos sem a ajuda de máquinas específicas. Nos esportes, por exemplo, principalmente nos considerados de alto rendimento e precisão, a maioria das ações dos atletas é veloz demais para serem observadas sem esse auxílio.

Além dos sugeridos pela Task force (1996), a pesquisa investigou os componentes da família pNNx. Por não ser usual, cabe ressaltar a origem desses índices. As pesquisas com o contadores (NN) foram inicialmente propostas por Ewing, Neilson & Travis (1984). Pesquisadores que buscavam discriminar pessoas saudáveis de pacientes diabéticos e cardíacos transplantados. Utilizaram gravações (24 horas) de sinais de EEG e durante seus estudos, testaram um parâmetro que equivalia a 6,25% dos intervalos de NN anteriores e um contador de diferenças de cinquenta milissegundos entre os batimentos sucessivos. Recomendaram o uso desse último pela facilidade de medição. Porém, não descreveram resultados para valores menores ou maiores do que os de cinquenta milissegundos. Seus cálculos foram sempre vinculados a hora.

Bigger et al. (1988) propuseram a utilização do percentual nesse contador e criaram o índice pNN que é o resultado da relação (divisão) entre os valores do contador (NN50) e o número total de dados adquiridos em um determinado período de intervalos de batimentos cardíacos. Fato que permitiu a mensuração desse índice de VFC em períodos menores que a hora.

Mietus et al. (2002) mostraram em sua pesquisa que valores menores que cinquenta milissegundos eram capazes de discriminar com maior robustez diferentes grupos tanto quanto à categoria (pessoas saudáveis de pacientes com insuficiência cardíaca; jovens de idosos saudáveis e diferentes classes de pacientes cardíacos) como em relação à atividade que realizavam (dormindo ou acordados). Esses pesquisadores introduziram a família pNNx definida como a razão do número de NNx e o total de NN para valores de $x > 0$. Criaram um *software* específico para essa função com *download* gratuito de seus códigos-fonte (Mietus et al., 2012).

3.3 Tomada de decisão

As decisões rápidas foram objetos de pesquisa do fisiologista norteamericano Benjamin Libet. Libet (2005) descobriu a barreira cerebral da consciência dos quinhentos milissegundos (500 ms). Conhecimento pioneiro na investigação experimental da consciência, no que se refere ao início da ação e do livre-arbítrio. Fato que lhe rendeu honras ao mérito (Prêmio

Nobel Virtual de Psicologia, Áustria em 2003). Libet também pesquisou no meio esportivo, utilizou o saque do tênis profissional como um evento de teste para as tomadas de decisões (Libet, 2005) e chamou as decisões nessas situações de pré-conscientes.

A velocidade de uma bola no saque do tênis profissional nos dias de hoje exige do tenista rival uma resposta extremamente rápida, tempo que impede o pensamento consciente. Consciência aqui conceituada como a capacidade de perceber a relação entre si e um ambiente. Em março de 2011, o saque de Ivo Karlovic (tenista profissional croata) atingiu a velocidade de 251 Km/h em uma disputa de Copa Davis diante da equipe da Alemanha. Numa distância de 23,77 metros (comprimento da quadra de tênis), essa velocidade exige uma devolução em um tempo de 340 milissegundos. Nem todos os saques são desferidos nessa velocidade, mas constantemente, essas velocidades estão acima de 180 Km/h (tempo de devolução em torno de 475 milissegundos).

A devolução de saque é um evento especial numa partida de tênis. Devolver um saque exige decisões (como, quando e onde?). Decisões que devem ser tomadas em curtíssimo intervalo de tempo. Tempo que impede a reflexão. Sobre essa situação, o ex-tenista e filósofo David Foster Wallace (2006, citado por Partnoy, 2013, pg. 14) pioneiro observou: “nesses tempos, estamos na faixa de operação dos reflexos, reações puramente físicas que não envolvem o pensamento consciente. E, ainda assim, uma devolução de saque eficaz depende de um grande conjunto de decisões e ajustes físicos que são muito complexos”. Wallace afirmou que a devolução de saque devido à velocidade da bola é uma reação física em grande parte inconsciente. A contemplação consciente humana dura ao menos 500 milissegundos. Numa devolução de saque nessa velocidade, qualquer pessoa que tente pensar acabará por atrasar o golpe de devolução.

A pesquisa de Costa (2010) intitulada: Antecipação-coincidência em jovens tenistas: análise da posição de recepção e da velocidade-estímulo é um exemplo de experimento que envolve o tênis e decisões rápidas. A pesquisa verificou o efeito do posicionamento (*open/close stance*) de recepção e da velocidade do estímulo na capacidade de antecipação-

coincidência e tenistas. O pesquisador mensurou indiretamente a atenção e as escolhas dos participantes.

Para Partnoy (2013) os esportes suprelúceos são uma espécie de vitrine em que se mostra a velocidade com que os seres humanos são capazes de reagir em situações de ataques velozes. Para esse autor, os melhores atletas são capazes de observar seus adversários, processar informações sobre suas atitudes e depois agir. Tudo isso em algumas centenas de milissegundos. Partnoy acredita que a procrastinação seja o diferencial técnico entre jogadores mesmo nesses escassos momentos.

A maioria das pessoas possui o tempo de reação puramente visual em torno de duzentos milissegundos (200 ms), embora os neurônios tenham capacidade para transmitir sinais em apenas um milissegundo. O tempo de reação visual é o mais lento do cérebro humano, 20% mais lento que a reação auditiva por exemplo. “Demora” devida ao acionamento de milhões de bastonetes e cones em nossas retinas comparadas às vinte mil células ciliadas cocleares de nossos ouvidos. No século passado, muitos estudos envolveram esse tema. Kosinski (2005) postou uma ampla revisão de literatura sobre o tempo de reação. Em seus experimentos na *Clenson University*, Kosinski chegou a um tempo médio de 268 milissegundos da reação humana a um simples estímulo visual. Francis Galton (1899), primo de Darwin e fundador da psicometria, relatou um tempo de 187 milissegundos para experimento em situação semelhante ao de Robert Kosinski.

Aplicando-se essas informações ao tênis, tem-se em torno de 200 milissegundos “gastos” com a reação visual e apenas de 200 a 300 milissegundos para a preparação e execução do golpe do recebedor.

No livro *blink* de autoria do jornalista britânico Malcolm Gladwell (2005) há o relato de um experiente técnico de tênis que previa erros de dupla falta em torneios profissional. O técnico acertava dezesseis de dezessete tentativas, mas não conseguia explicar como isso acontecia. Para o autor, essas evidências estavam inacessíveis porque julgamentos rápidos baseiam-se em “fatias finas” de experiências. São julgamentos inconscientes. A postura do tenista, o lançamento da bola ou a fluidez do movimento do saque acionava o seu inconsciente. Gladwell relata que algo semelhante acontece no já mencionado teste de

Damásio, o *Iowa Gambling Task* (IGT). Jogadores começam a evitar as cartas vermelhas (prejuízo) antes de estarem cientes do porquê. O autor afirma que julgamentos instantâneos e decisões rápidas ocorrem “por trás de uma porta trancada”. Essas decisões são tomadas inteiramente abaixo da superfície da consciência. O cérebro chega a conclusões sem revelar imediatamente esse fato. Algo que difere da estratégia de decisão que é a consciente em que pensamos no que aprendemos e, finalmente, chegamos a uma resposta. Estratégia lógica, definida, lenta e que precisa de muitas informações e principalmente, necessita de tempo para ser efetivada.

Decisões rápidas e sob pressão merecem atenção especial. O psicólogo norteamericano Gary Klein (1998, citado por Gladwell, 2005) pioneiro no campo de tomadas de decisão, em seu livro *Source of Power* (Cambridge: Straus, 2000), estudou comportamentos de enfermeiras e bombeiros. Concluiu que especialistas quando tomam decisões rápidas não as fazem baseados no modelo que lhes foram ensinados, comparando todas as opções disponíveis de forma lógica e sistemática. Na vida real, esse processo é lento demais. Os especialistas avaliam a situação quase imediatamente e agem baseados na experiência, intuição (compreensão momentânea, sem a necessidade de realizar raciocínios complexos.) e numa espécie de esboço de uma simulação mental. Decisões rápidas e intuitivas parecem de alguma forma se alinhar à teoria polivagal de Porges (1969, 2011) em relação às diferenças de velocidades das porções da inervação vagal. É claro, respeitando as peculiaridades distintas.

Reconhecer algo é um exemplo clássico de cognição inconsciente. Não é preciso pensar a respeito. É muito comum nesses casos, haver dificuldades até para a descrição do que foi reconhecido, já que o reconhecimento de imagens é feito pelo hemisfério direito do cérebro enquanto que as palavras são processadas pelo hemisfério esquerdo.

Nos esportes velozes, pensar demais, prejudica o fluxo do processo de decidir rápido. Pensar demais atrapalha (Leher, 2009). Essa lógica esportiva contraria as premissas gregas defendidas por Platão e Descartes (filósofo influente do Iluminismo) de que seres humanos tomam decisões racionais, ponderadas e lógicas. Alicerces do racionalismo da Idade Moderna em que o cérebro humano tomou uma hierarquia privilegiada em relação ao corpo.

Reconhece-se, atualmente, que em situações de decisões rápidas o cérebro não é tão ponderado e lógico (Leher, 2009). O médico neurologista português Antônio Damásio em: *o Erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano*, sugeriu uma definição mais coerente entre a relação do cérebro com o “resto” do corpo: o cérebro não foi criado acima do corpo, mas junto e a partir dele. O que explica mais adequadamente o processo instintivo nas decisões rápidas.

Em 1879, o famoso naturalista britânico Charles Robert Darwin embasado pelos estudos do fisiologista francês Claude Bernard, já especulava a possível relação entre coração e o nervo vago (chamado de pneumogástrico na época). Tarefa que o médico psiquiatra norteamericano Stephen Porges aprofundou em suas pesquisas. Porges que nasceu em 1945, pesquisou a relação entre o nervo vago, o músculo cardíaco e a emoção humana. Comparou o nervo vago (décimo nervo craniano) a uma pista de alta velocidade e o vinculou à tomada de decisão (Porges, 1969).

O matemático e economista Frank Partnoy (2013) afirma que reações ultrarrápidas se assemelham mais a reações animais do que as associadas às emoções humanas. Que não há tempo necessário para raciocinar em menos de meio segundo (Libet, 2005). Ações automáticas e inconscientes. As mesmas que o filósofo norteamericano, médico e um dos fundadores da Psicologia Moderna William James (1842-1910) chamou de ações “passivo-involuntárias”. Partnoy (2013) acredita que uma reação veloz no coração (nervo vago) pode nos ajudar a adiar uma reação veloz no cérebro e no corpo. Pessoas especiais (atletas) reagem instintivamente no momento exato mesmo quando têm apenas uma fração de segundo para decidir.

No seu livro intitulado *Blink*, Malcolm Gladwell (2005) afirma que é possível desenvolver a capacidade de se fazer avaliações instantâneas e sugere a experiência como ferramenta importante nesse processo.

Wan et al. (2011) pesquisaram decisão rápida de jogadores profissionais e amadores e relataram que as melhores escolhas eram tomadas de forma automática e “intuitiva” pelos profissionais. Os autores sugeriram que o acúmulo de experiência dos profissionais fazia com que tivessem a capacidade de recrutarem regiões cerebrais responsáveis pela formação e execução de hábitos e pela associação estímulo-resposta.

Segundo Leher (2009), a intuição inteligente é resultado de prática deliberada (treinamento).

4 MÉTODO

4.1 Caracterização da pesquisa

Esse estudo se caracterizou como descritivo correlacional de corte transversal (Thomaz e Nelson, 2002) com delineamento quase experimental (Campbell e Stanley, 1963). Quase experimental porque não possuiu uma distribuição aleatória dos sujeitos e nem contou com grupo controle.

A pesquisa foi de natureza aplicada e teve uma abordagem quantitativa transversal. Thomaz e Nelson (2002) informam que a pesquisa aplicada tende a remeter a problemas imediatos, oferecendo resultados de valor imediato, utilizando os chamados ambientes do mundo real e sujeitos para um controle limitado sobre o ambiente da pesquisa. Serapioni (2000) afirma que a abordagem quantitativa atua em níveis de realidade e tem como objetivo principal trazer à luz dados, indicadores e tendências observáveis. Transversal porque investigou um grupo de pessoas em momento específico (Cozby, 2011).

A pesquisa foi descritiva e exploratória em relação aos seus objetivos. Gil (1991) afirma que uma pesquisa descritiva descreve as características de determinado fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis. Exploratória porque buscou o delineamento de novas abordagens para prover critérios e compreensão do fenômeno envolvido. Para Boone e Kurtz (1998) a pesquisa exploratória é utilizada para descobrir a causa de um problema. Um trabalho tem objetivo exploratório quando envolve experiências práticas com o problema pesquisado e procura proporcionar uma visão geral de um determinado fato (Gil, 1991).

Foi também uma pesquisa correlacional porque em relação aos procedimentos técnicos, procurou a identificação de correlações entre o desempenho de uma tarefa de tomada de decisão em situações específicas e os índices de VFC de uma determinada população. Correlações foram encontradas entre as medidas envolvidas. O resultado obtido dessa modalidade de delineamento é a constatação da existência de relação entre variáveis através de demonstrações estatísticas (Gil, 1991).

4.2 Variáveis envolvidas na investigação

Os avaliados foram submetidos a uma única avaliação providas de um sistema que expôs suas próprias filmagens de golpes básicos do tênis. Evento que foi concebido como variável independente da avaliação. A variável independente é a que influencia outra variável, devido à manipulação do investigador (Lakatos & Marconi, 1991).

As variáveis dependentes foram os índices de VFC e os componentes (tempo de antecipação, acurácia e estabilidade) do desempenho de uma tarefa de tomada de decisão decorrentes dessa avaliação. Variável dependente é aquela que se refere aos valores descobertos em virtude de uma influência da variável independente.

O desempenho de uma tarefa de tomada de decisão foi mensurado a partir dos componentes: acurácia, que representa a qualidade da escolha (certa ou errada); tempo de antecipação (escore de tempo) que é a somatória dos tempos das antecipações das escolhas corretas e estabilidade, que representa a dispersão dos tempos das decisões corretas. Os componentes do desempenho foram verificados automaticamente pelo sistema desenvolvido e possuem as características apresentadas pela tabela 1.

Tabela 1. Componentes do desempenho (tomada de decisão).

Variáveis	Conceito	Unidade
Tempo de antecipação (escore de tempo)	Somatória de tempos de antecipações corretas	ms
Acurácia	Número de acertos	n
Estabilidade	Desvio padrão das antecipações corretas	1/min

As características e análises do comportamento cardiovascular foram verificados com auxílio do *software Kubios HRV version 2.0* desenvolvido pelo *Department Physics University of Kuopio (Finland)*. A versão 1.0 do *Kubios HRV* foi lançada em 2004 e propiciava uma análise linear dos componentes da VFC (Niskanen et al., 2004). Em 2008, na

versão 2.0, com a inclusão da análise não linear mais de 16000 downloads popularizaram o *software*. A versão utilizada pela pesquisa foi lançada em 2013 (Tarvainen et al., 2013). Todas as versões do *Kubios HRV* foram desenvolvidas no *software MATLAB*, sendo a versão 2.1 pelo *MATLAB Compiler 4.17* (Tarvainen et al, 2013).

Os índices da VFC utilizados na pesquisa e que foram gerados pelo *software Kubios version 2.0* estão expostos nas tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Índices da VFC no domínio temporal.

Variáveis	Conceito	Unidade
RR	A média dos intervalos RR	ms
SDNN	Desvio-padrão da média dos intervalos R-R de todos os batimentos normais consecutivos	ms
RMSSD	Representa a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos	ms
NN50	Número de intervalos R-R adjacentes com diferenças de duração que excedem 50ms	
pNN50	Porcentagem de intervalos R-R adjacentes com diferenças de duração que excedem 50ms	%

Tabela 3. Índices da VFC no domínio da frequência.

Variáveis	Conceito	Un.
Potência normalizada	Potência das bandas LF e HF em unidades normalizadas, sendo (<i>FFT spectrum</i>): $LF(n.u.) = LF(ms2)/potência\ total(ms2) - VLF(ms2)$ $HF(n.u.) = HF(ms2)/potência\ total(ms2) - VLF(ms2)$	n.u.
LF/HF	Relação entre as bandas LF e HF (<i>FFT spectrum</i>)	

Tabela 4. Índices da VFC no domínio não linear.

Variáveis	Conceito	Un.
SD1	Representa a dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade do gráfico de Poincaré	ms
SD2	Representa a dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade do gráfico de Poincaré	ms
D2	Dimensão de correlação	

Nos domínios temporal e espectral, todas as variáveis seguem os parâmetros acordados pela Task force (1996). As variáveis do domínio não linear SD1 e SD2 aos conceitos de Brennan et al.(2001) e D2 às definições de Guzzetti et al. (1996) e Henry, Lowell & Camacho (2001).

A seguir estão expostas características dos índices de VFC.

- RR: a sigla se refere ao intervalo de tempo em milissegundos entre os dois picos R do batimento cardíaco. O indicador se refere à média (*mean*) estatística destes intervalos;

- SDNN: índice que se refere à média da amostra coletada, ao desvio padrão (*standard deviation*) da amostra de RR feita na coleta;

- RMSSD: é um indicador da variância entre intervalos consecutivos na amostra. Domínio da Frequência

- LF: o índice está relacionado ao nível de ativação simpática (*low frequency*);

- HF: o índice está relacionado ao nível de ativação parassimpática (*high frequency*);
- LF/HF: É a razão das duas medidas anteriormente citadas. Seu valor sugere uma predominância simpática.
- SD1 e SD2: o índice o grau de dispersão dos valores de VFC;
- D2: índice que indica o grau de resiliência de um indivíduo. Resiliência como forma simplificada de adaptação a uma nova situação.

Na pesquisa foram investigadas as correlações entre os componentes do desempenho de uma tarefa de tomada de decisão e todos os índices da VFC de forma fatorial. Buscou-se por melhores sinalizadores para as situações propostas pela avaliação. O mesmo procedimento foi adotado (correlação fatorial) com todos os índices de VFC relativos a seus equivalentes na linha de base, período de repouso anterior à execução da tarefa. Índices correspondentes à razão dos índices medidos durante a avaliação cognitiva e os equivalentes medidos durante a linha de base, esses índices possuem o prefixo “r” em suas nomenclaturas.

4.3 Divisão da pesquisa

A pesquisa utilizou filmagens dos movimentos básicos dos próprios tenistas: golpes de fundo de quadra e saques. Golpes básicos, porém, díspares no que se refere à execução. Razão da divisão da pesquisa em dois estudos: estudo 1 (golpes de fundo de quadra) e estudo 2 (saques).

4.4 Participantes da pesquisa

Embora Caldeira (2011) tenha alertado para a dificuldade de reunir tenistas, pois o esporte é individual e os tenistas possuem uma rotina própria de competição e treinamento, houve uma participação de sessenta e três (63) tenistas na presente pesquisa, quatro (4) mulheres e cinquenta e nove (59) homens. Setenta e cinco (75) avaliações foram realizadas. Doze (12) tenistas participaram dos dois estudos.

A amostragem foi por conveniência, já que os tenistas participantes foram selecionados junto a seus técnicos e clubes. Embora fossem classificados em diferentes níveis técnicos junto à Confederação Brasileira de Tênis (CBT), na pesquisa, foram

categorizados conforme o nível de treinamento e tempo de envolvimento na modalidade esportiva.

Os tenistas considerados como profissionais treinavam diariamente em dois turnos de quatro horas, cinco ou mais vezes por semana e participavam de torneios profissionais de tênis (nível 4). Os considerados pela pesquisa tenistas amadores intermediários treinavam diariamente em turno único de quatro horas durante cinco ou mais vezes por semana e participavam apenas de torneios amadores (nível 3). Os tenistas considerados amadores iniciantes treinavam em turno único de quatro horas, menos de cinco vezes por semana e participavam apenas de torneios amadores (nível 2). Todos tenistas selecionados praticavam a modalidade há pelo menos 8 anos e há pelo menos dois anos nas intensidades de treinamento citadas.

4.5 Ambiente, local e procedimentos básicos

As avaliações do desempenho da tarefa de tomada de decisão/antecipação dessa pesquisa foram realizadas no período da tarde com antecessão de pelo menos uma hora ao treinamento habitual dos tenistas (Armstrong et al., 2011). Os tenistas foram avaliados em ambientes favoráveis no que se refere à temperatura, à luminosidade e às condições de silêncio em seus próprios clubes com exceção aos que compareceram à avaliação no Laboratório de Psicologia do Esporte e Exercício (UFSC),

As avaliações foram realizadas em salas com o mínimo de ruído, ambientes com o máximo de tranquilidade e privacidade na qual permaneciam o atleta testado e o pesquisador responsável pela aplicação do teste. O pesquisador realizava um procedimento padrão com todos os tenistas voluntários, determinando a posição em que os mesmos deveriam permanecer sentados, explicando o teste por meio de uma instrução padronizada e esclarecendo possíveis dúvidas que ocorressem (Sonderegger & Sauer, 2012). Os avaliados realizavam um teste piloto para que se habituassem aos procedimentos exigidos pelo sistema.

Antes das avaliações, todos os atletas tenistas relataram estar em ótimas condições de saúde e terem dormido perfeitamente nas noites anteriores. Também, informaram ao pesquisador as suas idade, massa corporal, altura e seus tempos de envolvimento com a modalidade e de dedicação ao treinamento.

Para minimizar os efeitos das variáveis intervenientes, autores aconselham considerar o horário do teste e o controle da luminosidade, da temperatura do ambiente e da ingestão de drogas betabloqueadoras (Reimão & Inocente, 2002; Barros & Brito, 1998). A variável interveniente age entre as variáveis independente e dependente e possui a capacidade de alterar a variável dependente sem que tenha havido modificações na variável independente, é uma variável que afeta o fenômeno observado, mas que não pode ser manipulada ou mensurada.

Os resultados foram investigados sempre a partir de resultados individuais. As filmagens utilizadas no sistema foram do próprio tenista como protagonista o que gerou uma situação em que a qualidade de “leitura dos golpes” foi equivalente à técnica de execução dos mesmos.

Respeitaram-se todos os parâmetros éticos em investigações com seres humanos. Todos os voluntários foram informados sobre os procedimentos e objetivos do estudo e antes de se submeterem à avaliação, os participantes maiores de idade assim como os responsáveis pelos menores de idade assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que foi submetido junto ao projeto à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina (CAEE: 05174912.6.0000.0121) com parecer aprovado em 23/10/2014 (anexo 1).

4.6 Tratamento estatístico

Nessa pesquisa aplicou-se a estatística descritiva aos dados referentes à caracterização geral dos participantes e as estatísticas descritiva e inferencial aos componentes do desempenho (tomada de decisão) e índices da VFC durante a avaliação. Análises estatísticas orientadas pelas recomendações de Dancey & Reidy (2004), Coolican (2004), Magalhães & Lima (2010) e Andrade & Ogliari (2007). No apêndice 1 há um exemplo de alguns procedimentos estatísticos básicos utilizados na pesquisa.

Utilizaram-se os *softwares* Microsoft Excel versão 2007 para tabulação dos dados e Stata/SE versão 12.0 (StataCorp, LP/USA) para os cálculos estatísticos dessa pesquisa. Para as correlações consideradas médias/moderadas (Shrout & Fleiss, 1979), utilizou-se o *software* Curve Express Professional versão

2.0 (*Copyright* © 2011-2013: Daniel G. Hyams) que se caracteriza pela otimização do processo dos cálculos de regressões linear e não linear apresentando automaticamente as melhores opções dentre noventa famílias matemáticas.

As correlações foram classificadas de acordo com as definições de Shrout & Fleiss (1979): muito pobres (0-0,2); fracas (0,3-0,4); médias/moderadas (0,5-0,6); fortes (0,7-0,8) e excelentes (0,9 -1).

O dados relativos aos índices de VFC foram processados pelo *software Kubios HRV version 2.0*. Todos os parâmetros calculados por esse *software* foram transportados às planilhas de avaliação do sistema. Para a correção dos ruídos utilizou-se o filtro *médium* do próprio *software*, esse filtro elimina diferenças entre períodos de tempo entre (inter) batimentos cardíacos maiores que 0,25 segundos considerando a frequência cardíaca de 60 batimentos por minuto como base (Jarrin et al. 2012). Vários autores recomendam como estratégia alternativa para eliminar os erros da coleta dos dados ao usar o *software Kubios HRV* a eliminação de todos os intervalos entre batimentos cardíacos menores que 200 ms e maiores que 1200 ms (Li et al., 2009; Capa et al., 2011; Rodriguez-Colón et al., 2011). Estratégia que não foi adotada pela presente pesquisa, uma vez que a utilização do filtro *medium* causou efeito equivalente ao mencionado.

4.7 Instrumentação (sistema desenvolvido)

O sistema foi inspirado nas qualidades relatadas pelos projetos da bateria de avaliação cognitiva computadorizada chamada ProA (Luft et al., 2010) e pela pesquisa de Teixeira (2008). Teixeira utilizou o xadrez como modalidade esportiva para identificar correlações entre os índices de VFC e as melhores jogadas de um enxadrista. Alguns itens foram aprimorados, como por exemplo, a padronização dos períodos de aquisição dos dados (cinco minutos) que tornou mais consistente a análise posterior das variáveis envolvidas.

O *software* foi desenvolvido na linguagem de programação *Microsoft Visual Basic 6.0 (For 32-bit Windows Development)*. As filmagens foram feitas com uma filmadora digital da marca Sony, modelo HDR-XR100 com uma resolução de imagens em *full HD* (1920 x 1080 *pixels*).

Em cada estudo foram editados três filmes para cada categoria de golpes. Doze filmes foram disponibilizados para cada avaliação. Esses filmes para fins de programação foram nomeados da seguinte forma: *backhands* cruzados (estudo 1) ou lado vantagem abertos (estudo 2): bc1, bc2 e bc3; *backhands* paralelos (estudo 1) ou lado vantagem fechados (estudo 2): bp1, bp2 e bp3; *forehands* cruzados (estudo 1) ou lado iguais abertos (estudo 2): fc1, fc2 e fc3 e *forehands* paralelos ou lado iguais fechados (estudo 2): fp1, fp2 e fp3.

O sistema opera com a informação do exato momento em que o tenista “golpeia” a bola (TG) de cada filme. Informação fundamental à lógica da avaliação. O tenista avaliado tem a tarefa de identificar em qual dos lados a bola é arremessada virtualmente (direita ou esquerda) por sua própria imagem. O sistema mensura o tempo gasto nessa tarefa e o compara ao tempo do golpe (TG) de cada filme. A função do tenista avaliado é identificar o quanto antes o golpe que é exposto pelo sistema (leitura do golpe). Os filmes possuem em média cinco segundos de duração e são expostos pelo sistema de forma aleatória a cada dez segundos. Para cada filme, uma escolha. A cada sessão de avaliação cognitiva (quinze minutos), o tenista avaliado é exposto a noventa escolhas por avaliação.

Para fazer suas escolhas, o tenista acionou teclas específicas de um computador (figura 1).



Figura 1. Teclas específicas para escolha do lado de destino da bola

O cálculo para o componente do desempenho (tomada de decisão) escore de tempo (tempo de antecipação) teve a seguinte lógica: todos os tempos em que o avaliado antecipou corretamente o destino da bola foram somados ao seu

desempenho e todos os outros tempos (escolhas erradas e/ou atrasadas) foram subtraídos ao seu desempenho. Esses tempos foram medidos com precisão/resolução de milissegundos.

A característica (antecipação ou atraso) e o tempo dessa escolha são indicados pelo sistema na parte superior da tela (figura 2). No exemplo ilustrado pela figura, o tenista avaliado antecipou corretamente (teclou >) em 235 milissegundos o contato que tenista filmado fez com a bola (TG).

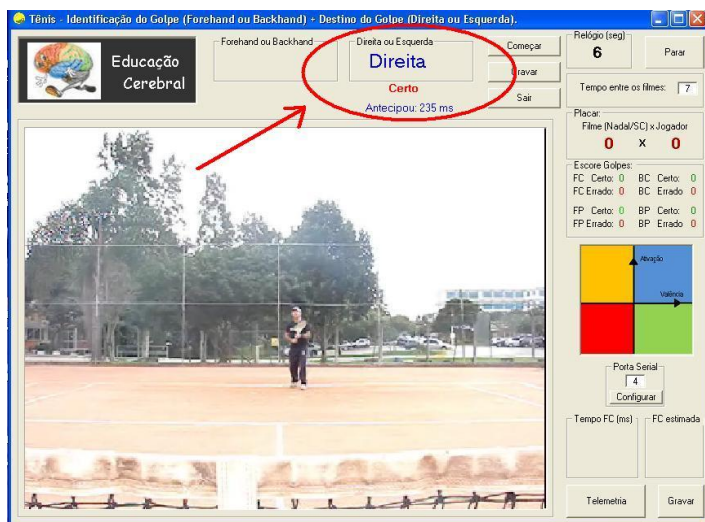


Figura 2. Indicação da escolha do testado (Direita), acurácia da escolha (Certo) e tempo de antecipação (235 ms).

Acima e à direita da tela principal do sistema há a indicação do tempo de antecipação (escore de tempo) acumulado durante a avaliação (figura 3).



Figura 3. Indicação do tempo de antecipação acumulado (escore de tempo) durante a realização da avaliação.

O sistema também apresenta um placar e um *feedback* gráfico do desempenho do avaliado participante (figura 4). A construção desse gráfico baseou-se no modelo proposto por Russell (1980) que relaciona *arousal* e *valence* (Valenza et al., 2012; Fujimura & Okanoya, 2012; Stickel et al., 2009).

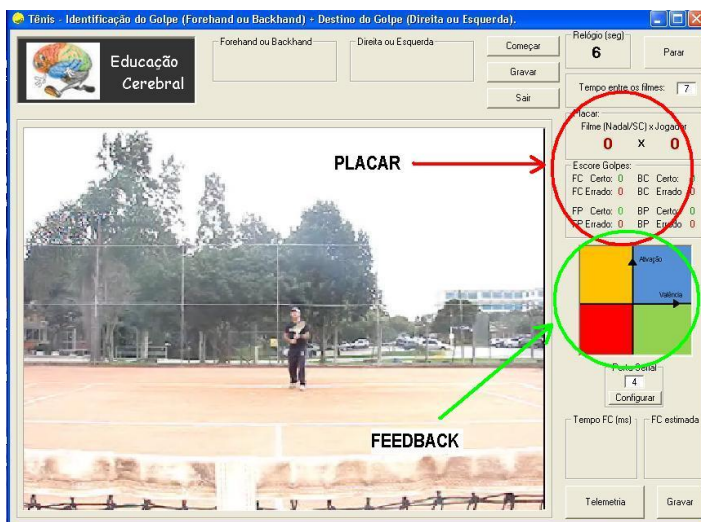


Figura 4. Placar e *feedback* gráfico do sistema durante a coleta.

4.7.2 Aquisição/verificação dos índices de variabilidade da frequência cardíaca

Os tenistas foram avaliados em uma situação de repouso sentado (figura 5) e foram instruídos a realizarem respiração espontânea durante toda avaliação. Dessa forma, as alterações registradas pela VFC foram decorrentes apenas de fatores cognitivos.



Figura 5. Tenista avaliado em estado de repouso (sentado).

Os protótipos foram desenvolvidos para o sistema adquirir os dados referentes aos intervalos entre os batimentos cardíacos em tempo real e com precisão de um milissegundo. A figura 6 ilustra um esquema simplificado dos componentes eletrônicos utilizados para esse fim. Utilizou-se na sua construção: uma cinta transmissora para monitoração da frequência cardíaca modelo t31 da marca *polar*; um relé de 12V; um transistor de sinal (BC548); um CI 555 na configuração monoestável (200 ms), um microcontrolador para a comunicação com o computador (PIC 16F628A) e um conversor Serial/USB. Uma fotografia de um dos protótipos utilizados nas avaliações é mostrada na figura 7.

A figura 8 ilustra um protótipo montado com a plataforma *arduino*. Essa plataforma é utilizada apenas para a comunicação com o computador em substituição ao microcontrolado (PIC). A programação do *Sketch* do *arduino* está exposta no anexo 2.

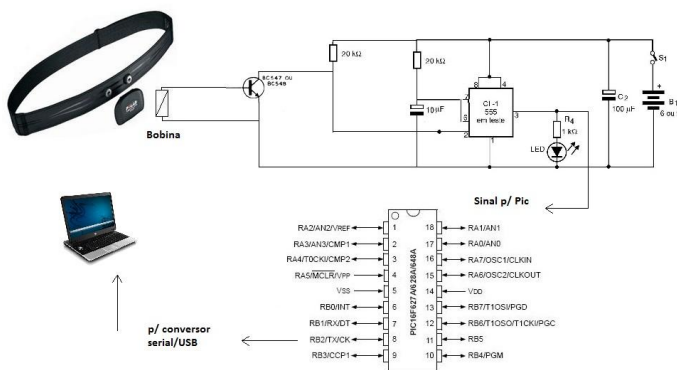


Figura 6. Sistema esquemático simplificado para aquisição dos dados para os cálculos da VFC.



Figura 7. Protótipo de aquisição dos intervalos RR cardíacos.

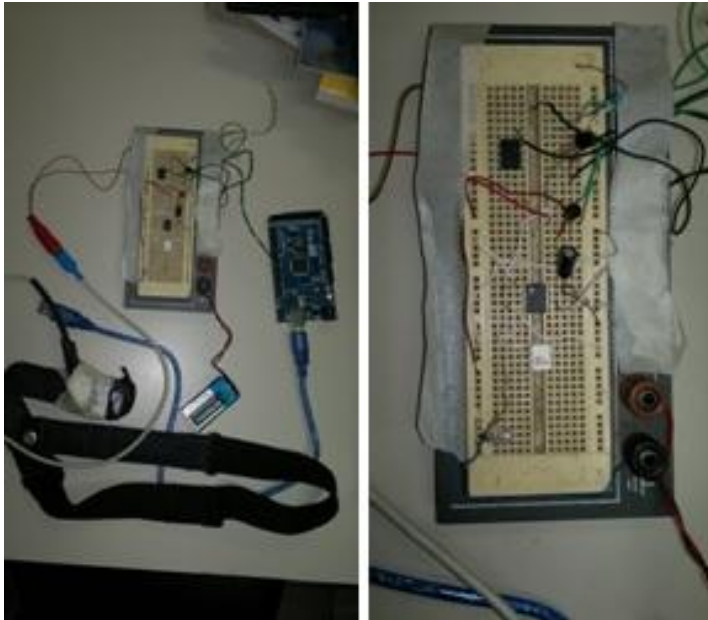


Figura 8. Protótipo de aquisição dos intervalos RR cardíacos (arduino).

O *software* do sistema expõe em tempo real os intervalos R-R do avaliado durante toda a avaliação (figura 9). Esses dados são armazenados para posterior análise. O sistema também oferece a possibilidade de mensurar e gravar a frequência respiratória do avaliado durante a avaliação. Porém, nessa pesquisa, a utilização e a calibração dos sensores incomodavam os participantes, o que fez com que essa variável não fosse monitorada.



Figura 9. Indicação da frequência cardíaca, intervalo R-R e frequência respiratória em tempo real.

Devido à praticidade, utilizou-se em todas as avaliações um relógio cardiofrequencímetro (Polar-RS800CX) cujos dados após terem sido processados pelo *software Kubios HRV (version 2.0)* (figura 10) foram transportados às planilhas de avaliação do sistema. Também para evitar ruídos, utilizou-se uma faixa elástica extra sobre a original (figura 11).

O cardiofrequencímetro utilizado na pesquisa (Polar RS800CX) é um instrumento prático e construído para mensurar os intervalos entre os batimentos cardíacos com precisão de um milissegundo. Para fins de cálculos de VFC em situação de repouso, esse equipamento foi utilizado, testado e validado por vários pesquisadores (Vanderlei et al., 2008; Kingsley, Lewis & Marson, 2005; Gamelin, Berthoin & Bosquet, 2006; Gamelin et al., 2008; Costa et al., 2011; Wallén et al., 2012; Quintana, Heathers & Kemp, 2012; Albonizio et al., 2010; Carvalho et al., 2011; Bricout, DeChenaud & Favre-Juvin, A., 2010; Matos et al., 2012).

Autores como Silva et al. (2012) não recomendam a utilização do cardiofrequencímetro (Polar S810i) especificamente para a avaliação do reflexo vagal cardíaco em exercício súbito. Esses autores compararam esse modelo de cardiofrequencímetro com um aparelho digital de ECG em uma variação (posição ortostática) do teste dos 4 segundos (T4s). No teste original, no cicloergômetro, esse modelo de cardiofrequencímetro foi

validado por Pimentel et al. (2010). Silva et al. (2012) almejavam a utilização do teste fora do ambiente laboratorial e utilizaram treze estudantes universitários como amostra.

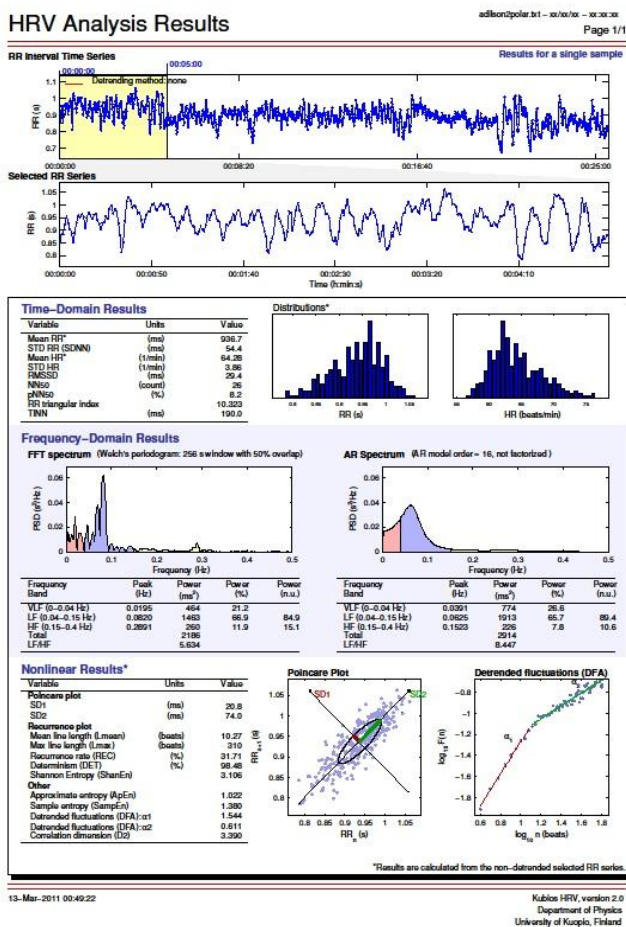


Figura 10. Exemplo de relatório gerado pelo software *Kubios HRV version 2.0*.



Figura 11. Faixa elástica extra utilizada para eliminar ruídos

4.7.3 Tabulação de dados e relatórios do sistema

Ao finalizar uma sessão de avaliação, o sistema oportuniza a gravação dos dados adquiridos. A figura 12 ilustra as opções de gravação do sistema. Além dos dados referentes à avaliação, foi possível gravar dados pessoais e parâmetros ambientais.

Identificação do vivente e do ambiente	
Dados Pessoais	Dados Ambientais
Nome: Adilson Monte	Local: Florianópolis/SC
Sexo: <input type="radio"/> Fem <input checked="" type="radio"/> Masc	Temperatura: 26
Data de Nascimento: 19/02/1966	Umidade: 60
Altura (cm): 173	Hora: 22:12:27
Massa Corporal (kg): 69	Data: 16/11/2013
Email: adilsonmonte@gmail.com	Outros: apresentação
<input type="button" value="Gravar dados no Excel"/> <input type="button" value="Voltar"/> <input type="button" value="Sair"/>	

Figura 12. Tela de gravação de dados pelo sistema.

Todos dados de uma avaliação são exportados automaticamente para uma planilha eletrônica. Essa planilha

possui vínculos e macrocomandos (macros) organizados para a recepção dessas informações que geram relatórios e gráficos pertinentes à avaliação do desempenho (tomada de decisão) e dos dados fisiológicos correspondentes.

Esse método de processamento organiza de forma padronizada todos os dados contidos na avaliação. Padronização necessária às análises individuais e do conjunto das avaliações que promoveram os resultados dessa pesquisa. O sistema também apresenta relatórios que mostram a classificação de cada filme em relação ao desempenho do avaliado que podem servir como base para futuros treinamentos dos componentes do desempenho (tomada de decisão) e propiciar um *feedback* para possíveis correções de movimentos técnicos relativos a execução dos golpes assim como para sua leitura. Também disponibiliza relatórios que discriminam o desempenho do tenista com o decorrer da avaliação. Para isso, os quinze minutos de avaliação foram divididos em três períodos de cinco minutos. Esses relatórios podem servir como base para a avaliação da capacidade de aprendizagem e adaptação do tenista.

4.8 Características do Estudo 1

Na coleta das imagens para a confecção dos filmes do estudo 1 (golpes de fundo de quadra), solicitou-se aos tenistas que realizassem movimentos específicos de golpes de fundo de quadra (*backhand* e *forehand*). Após, dividiu-se cada um desses golpes em duas categorias que são as suas variações: paralelo e cruzado. Portanto, criaram-se quatro categorias: *forehands* paralelos e cruzados e *backhands* paralelos e cruzados.

Para a gravação dos vídeos nesse estudo, a filmadora foi colocada junto à rede e as bolas de tênis foram lançadas no meio da quadra sempre com o tenista na mesma posição inicial (figura 13).

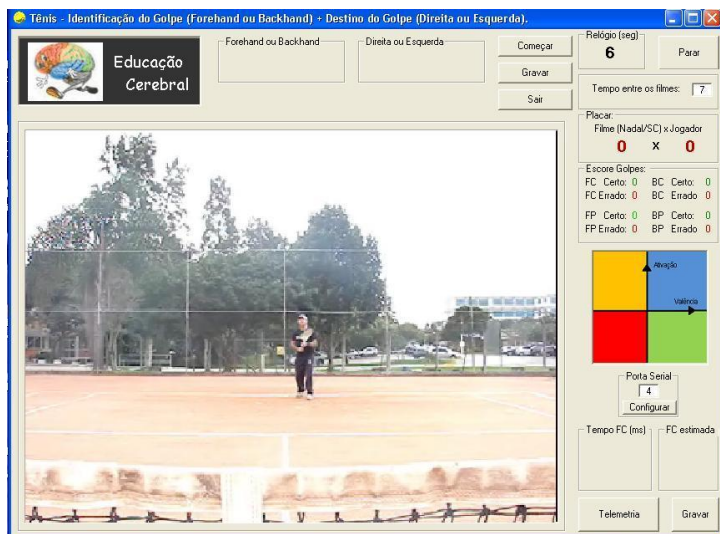


Figura 13. Ilustração da posição inicial do tenista no estudo 1.

As figuras 14 e 15 mostram o posicionamento da filmadora na quadra de tênis (estudo 1). Posicionamento que simula uma situação do jogo em que o tenista encontra-se junto à rede.

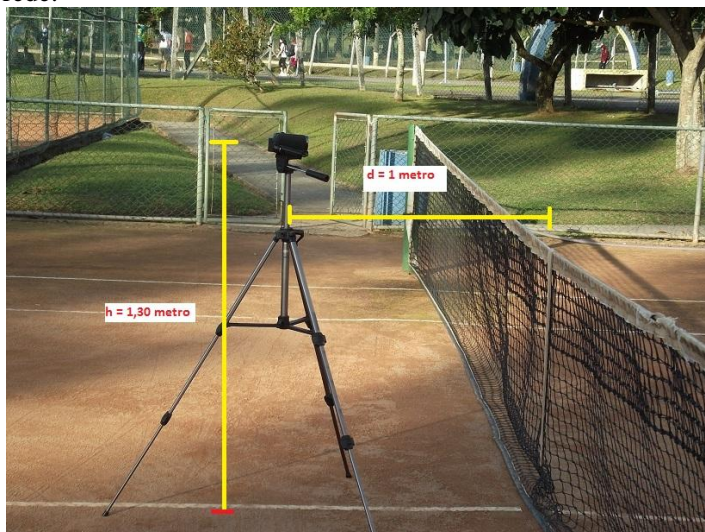


Figura 14. Estudo 1 - Filmadora à distância de 1 metro da rede (d) e 1,30 metro do chão (h).



Figura 15. Estudo 1 - Posicionamento da filmadora na quadra de tênis

As figuras 16, 17, 18 e 19 ilustram as opções corretas feitas no teclado do computador pelo tenista a partir do filme apresentado pelo estudo 1 (golpes de fundo de quadra). Nas figuras, a “flecha amarela” indica o destino da bola após a realização do golpe feito pelo tenista virtual.

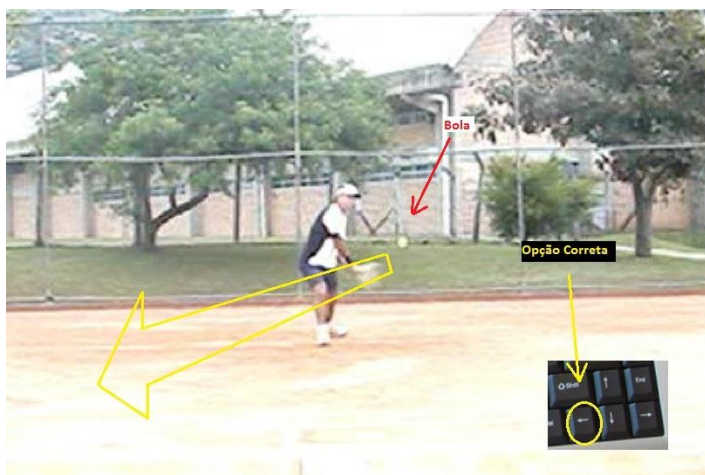


Figura 16. *Backhand* cruzado com a correspondente escolha correta no teclado.



Figura 17. *Backhand* paralelo com a correspondente escolha correta no teclado.



Figura 18. *Forehand* cruzado com a correspondente escolha correta no teclado.

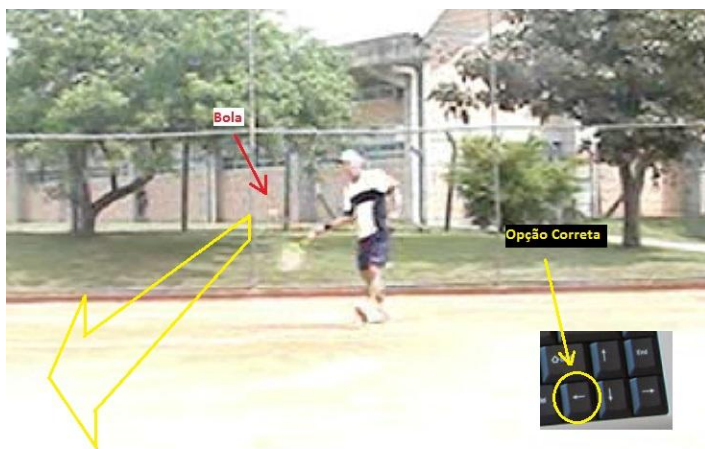


Figura 19. *Forehand* paralelo com a correspondente escolha correta no teclado.

No estudo 1 (golpes de fundo de quadra), a avaliação durou vinte minutos. Durante os primeiros cinco minutos o avaliado permaneceu em repouso e apenas os parâmetros fisiológicos foram monitorados (linha de base) (Jarrin et al., 2012). Durante os outros quinze minutos, o tenista executou a avaliação cognitiva. Para efeito de cálculo, esse tempo foi

dividido em três períodos de cinco minutos (Task force, 1996; Jarrin et al., 2012). Blocos criados para uniformizar as posteriores análises (correlações e comparações). O tempo de cinco minutos é acordado pela Task Force (1996) como apropriado para o registro de sinais de VFC para curtos períodos de análise (figura 20).



Figura 20. Estudo 1 - Divisão da avaliação em etapas para a análise.

4.8.1 Participantes

Participaram do estudo 1 cinquenta e um tenistas com média de idade de 15,5 anos e desvio padrão de 1,8 anos. Os detalhes dessa amostra estão expostos pela tabela 8.

Tabela 5. Participantes do estudo 2 por categoria e gênero.

Categoria	Estudo 1		
	Homens	Mulheres	Total
Profissionais	8	1	9
Amadores/intermediários	29	1	30
Amadores/iniciantes	11	1	12
Total (tenistas)	48	3	51

4.9 Características do Estudo 2

Na coleta das imagens para a confecção dos filmes do estudo 2, solicitou-se aos tenistas que realizassem movimentos de saques. Existem apenas dois possíveis posicionamentos de saques no jogo de tênis: no lado iguais e no lado “vantagem”. Para cada tipo de saque filmaram-se duas variações: fechado e aberto. Semelhante ao estudo 1, foram criadas quatro categorias: lado iguais paralelo e cruzado e lado vantagem paralelo e cruzado.

Para o estudo 2, a filmadora foi colocada no fundo da quadra para a gravação dos vídeos (figuras 21, 22 e 23).



Figura 21. Estudo 2 - Filmadora à altura de 1,30 metro do chão (h).



Figura 22. Estudo 2 - Posicionamento da filmadora na quadra de tênis (lado vantagem)



Figura 23. Estudo 2 - Posicionamento da filmadora na quadra de tênis (lado iguais)

Para o estudo 2 (saques), as figuras 24, 25, 26 e 27 ilustram as opções de filmes apresentados pelo sistema. Nas figuras, as “flechas amarelas” indicam o destino da bola após a realização do golpe realizado pelo tenista virtual.

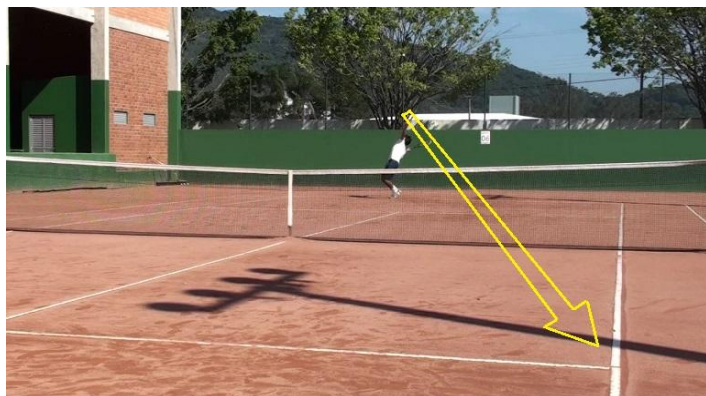


Figura 24. Saque no lado iguais aberto.

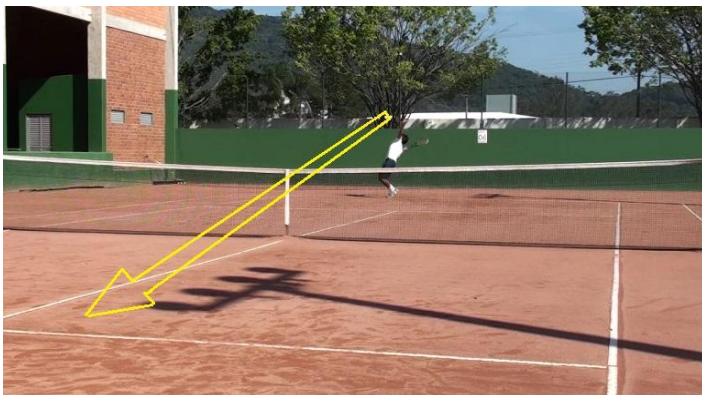


Figura 25. Saque no lado iguais fechado.

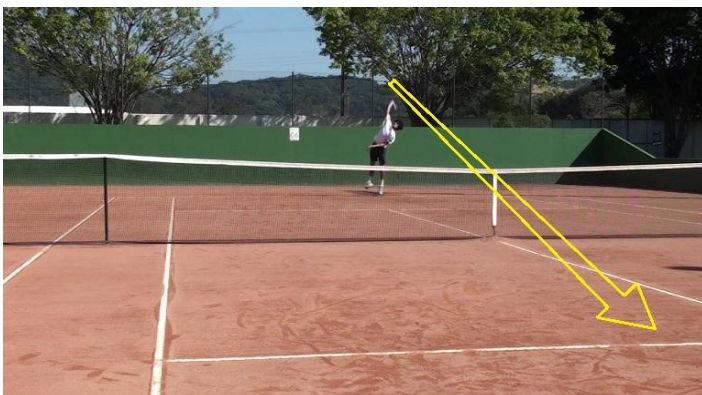


Figura 26. Saque no lado vantagem fechado.



Figura 27. Saque no lado vantagem aberto.

Como o estudo 2 aconteceu após o estudo 1, houve algumas mudanças no projeto. De maneira prévia, no estudo 1, foram encontradas correlações entre os componentes do desempenho (tomada de decisão) e razão dos índices da VFC durante a execução da avaliação cognitiva e os índices correspondentes do período de repouso (linha de base). Motivo que promoveu um novo desenho de pesquisa ilustrado pela figura 28 em que cada período da avaliação cognitiva é sempre precedido por um período de repouso (linha de base individual).



Figura 28. Estudo 2 - Divisão da avaliação em blocos para análise.

4.9.1 Participantes

No estudo 2 foram utilizados os filmes de saques dos tenistas e participaram desse estudo vinte e quatro tenistas com

média de idade de 17,5 anos e desvio padrão de 1,7 anos. Os detalhes dessa amostra estão expostos na tabela 6.

Tabela 6. Participantes do estudo 2 por categoria e gênero.

Categoria	Estudo 2		
	Homens	Mulheres	Total
Profissionais	10	1	11
Amadores/intermediários	7	0	7
Amadores/iniciantes	5	1	6
Total (tenistas)	22	2	24

5 RESULTADOS

Na apresentação dos resultados de cada estudo há uma exibição das correlações entre os índices de VFC e dos componentes do desempenho (tomada de decisão) e uma caracterização da distribuição da amostra e dos índices de VFC em relação à classificação quanto ao desempenho (tomada de decisão). Após, há uma comparação entre as categorias dos tenistas no que se refere ao desempenho e às características de seus índices de VFC nas linhas de base (LB) e durante a realização das tarefas da avaliação. Uma comparação dos resultados entre os dois estudos finaliza o capítulo.

5.1 Resultados do Estudo 1

5.1.1 Correlações entre a variabilidade da frequência cardíaca e desempenho (tomada de decisão)

As tabelas 7, 8, 9, 10, 11 e 12 expõem os valores das correlações entre os índices da VFC e os componentes do desempenho (tomada de decisão) do estudo 1

Tabela 7. Correlações entre o componente escore de tempo (tempo de antecipação) e os índices de VFC - Estudo 1.

Variável VFC	Escore de tempo	P-valor
Média RR (ms)	0,02	0,803
SDNN (ms)	0	0,961
RMSSD (ms)	0	0,979
NN50 (n)	-0,14	0,277
pNN50 (%)	-0,21	0,114
<i>LF (nu-%)</i>	<i>0,06</i>	<i>0,442</i>
HF (nu-%)	-0,01	0,976
LF/HF	-0,09	0,324
SD1 (ms)	-0,05	0,609
SD2 (ms)	-0,01	0,949
D2	0,05	0,477

Nível de significância: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 8. Correlações entre o componente acurácia e os índices de VFC - Estudo 1.

Variável VFC	Acurácia	P-valor
Média RR (ms)	0,05	0,468
SDNN (ms)	0,06	0,412
RMSSD (ms)	0,07	0,327
NN50 (n)	-0,11	0,251
pNN50 (%)	-0,27	0,124
<i>LF (nu-%)</i>	<i>0,13</i>	<i>0,086</i>
HF (nu-%)	-0,08	0,349
LF/HF	0,03	0,671
SD1 (ms)	-0,11	0,209
SD2 (ms)	-0,07	0,438
D2	0,19*	0,017

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 9. Correlações entre o componente estabilidade e os índices de VFC - Estudo 1.

Variável VFC	Estabilidade	P-valor
Média RR (ms)	-0,08	0,351
SDNN (ms)	0,09	0,235
RMSSD (ms)	-0,02	0,881
NN50 (n)	0,02	0,801
pNN50 (%)	0,08	0,272
<i>LF (nu-%)</i>	<i>-0,09</i>	<i>0,278</i>
HF (nu-%)	0,07	0,388
LF/HF	-0,08	0,372
SD1 (ms)	0,01	0,839
SD2 (ms)	-0,14	0,095
D2	-0,13	0,138

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Encontraram-se fracas correlações para todos componentes.

No estudo 1, houve apenas uma linha de base (LB), realizada anterior à avaliação. O pré-fixo “r” (relativo) da variável indica que o valor é o resultado da razão dos índices de VFC medidos durante a avaliação cognitiva e o valor correspondente na LB.

Tabela 10. Correlações em relação à LB entre o componente escore de tempo (tempo de antecipação) do desempenho e os índices da VFC - Estudo 1.

Variável VFC	Estabilidade	P-valor
rMédia RR (ms)	-0,24**	0,003
rSDNN (ms)	-0,14	0,096
rRMSSD (ms)	-0,12	0,175
rNN50 (n)	-0,13	0,284
rpNN50 (%)	-0,38*	0,013
<i>rLF (nu-%)</i>	<i>0,22**</i>	<i>0,004</i>
rHF (nu-%)	0,18	0,019
rLF/HF	0,1	0,178
rSD1 (ms)	-0,12	0,176
rSD2 (ms)	-0,13	0,134
rD2	-0,21*	0,013

Nível de significância: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 11. Correlações em relação à LB entre o componente acurácia do desempenho e os índices da VFC - Estudo 1.

Variável VFC	Acurácia	P-valor
rMédia RR (ms)	-0,23**	0,005
rSDNN (ms)	-0,2*	0,016
rRMSSD (ms)	-0,16	0,052
rNN50 (n)	-0,12	0,324
rpNN50 (%)	-0,43*	0,043
<i>rLF (nu-%)</i>	<i>0,29**</i>	<i>0,0002</i>
rHF (nu-%)	0,24**	0,002
rLF/HF	0,19*	0,014
rSD1 (ms)	-0,16	0,051
rSD2 (ms)	-0,19*	0,024
rD2	-0,09	0,281

Nível de significância: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 12. Correlações em relação à LB entre o componente estabilidade do desempenho e os índices da VFC - Estudo 1.

Variável VFC	Estabilidade	P-valor
rMédia RR (ms)	0,06	0,456
rSDNN (ms)	-0,15	0,075
rRMSSD (ms)	0	0,912
rNN50 (n)	0,01	0,819
rpNN50 (%)	0,02	0,781
<i>rLF (nu-%)</i>	<i>-0,13</i>	<i>0,112</i>
rHF (nu-%)	-0,12	0,145
rLF/HF	-0,21*	0,011
rSD1 (ms)	0	0,911
rSD2 (ms)	-0,18*	0,032
rD2	0,04	0,594

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Ao se considerar as LB nos cálculos, encontraram-se correlações mais fortes para os componentes escore de tempo e acurácia.

Aplicando os cálculos propostos por Mietus et al. (2002) para a análise dos componentes da família pNN(x) obteve-se os valores expostos nas figuras 29 e 30 para as correlações de *Pearson*. Essas correlações referem-se aos valores relativos à linha de base (LB), por isso, o termo rpNN(x).

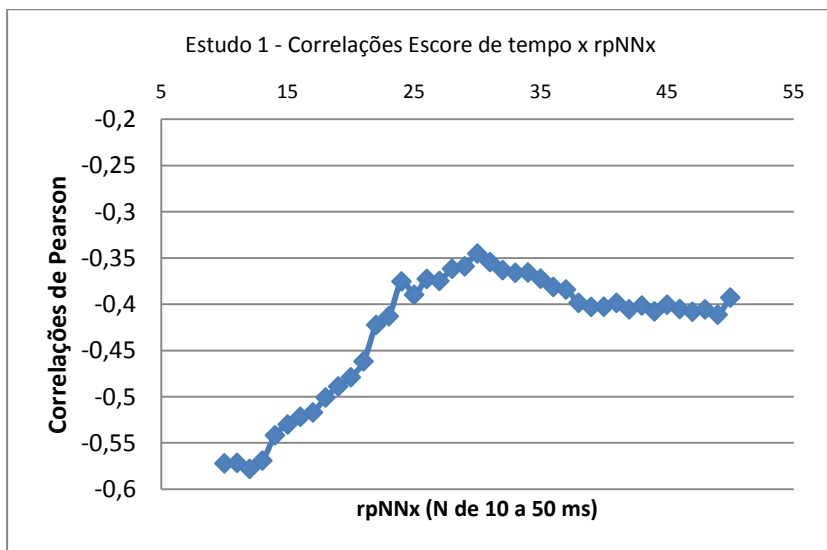


Figura 29. Correlações entre o Escore de tempo e rpNNx do estudo1.

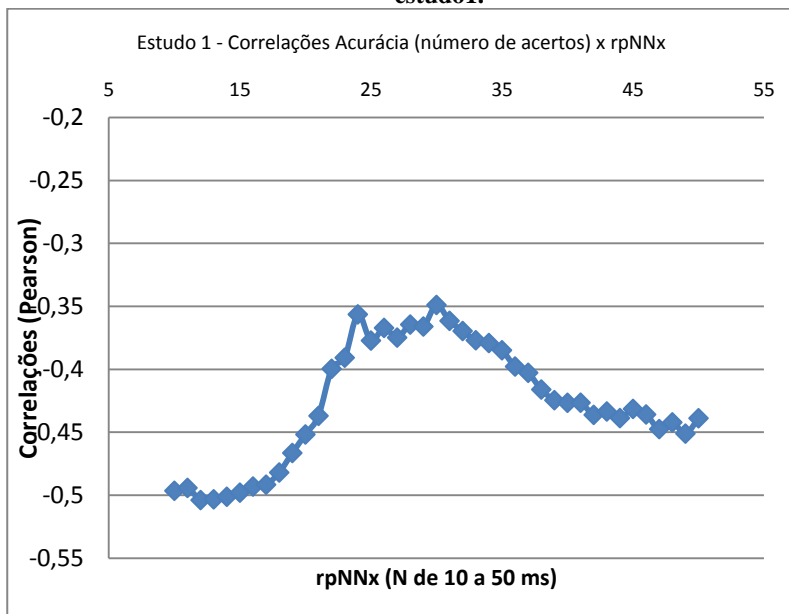


Figura 30. Correlações entre a acurácia e rpNNx do estudo 1.

Os cálculos relativos à variável estabilidade não foram expostos devido aos seus baixos valores de correlações com todos os componentes da família rpNNx. Para essa variável, obtiveram-se valores máximos de $r = 0,14$.

Pelas figuras 29 e 30, observa-se que as correlações do escore de tempo (tempo de antecipação) e da acurácia variam entre rpNN10 e rpNN50. Em ambas, as correlações atingem seus maiores valores no índice rpNN12. Pelo *software Stata/SE* versão 12.0 obtiveram-se os valores das correlações que estão apresentados pela tabela 13.

Tabela 13. Correlações entre os componentes do desempenho (tomada de decisão) e o índice rpNN12 de VFC - Estudo 1 (dados obtidos a partir do *software Stata/SE* versão 12.0).

Coeficientes de correlação e determinação			
Desempenho	r	r ²	P valor
Escore de tempo(ms)	-0,58	0,33	6,42E-15
Acurácia (n)	-0,5	0,25	3,68E-11

Nível de confiança: 0,95

Com os recursos do *software Curvexpert Professional 2.0.3* obtiveram-se para rpNN12 os valores expostos na tabela 14. Os gráficos e detalhes desses cálculos estão expostos no apêndice 3 dessa pesquisa.

Tabela 14. Correlações entre os componentes do desempenho (tomada de decisão) o índice rpNN12 de VFC - Estudo 1 (dados obtidos a partir do *software Curvexpert Professional* versão 2.0.3).

Coeficientes de correlação e determinação		
Desempenho	r	r ²
Escore de tempo(ms)	-0,65	0,42
Acurácia (n)	-0,61	0,38

Nível de confiança: 0,95

5.1.2 Classificação por categoria

A tabela 15 expõe a distribuição dos tenistas por categoria referentes às classificações quanto aos seus desempenhos da tarefa de tomada de decisão. Divisões baseada em cálculos de quartis.

O estudo 1 contou com a participação de cinquenta e um tenistas. Cada avaliação durou vinte minutos. Para fins de

padronização, essas avaliações foram divididas em períodos de cinco minutos (Jarrin et al., 2012). Considerando-se os primeiros cinco minutos como linha de base, houve três blocos da avaliação do desempenho da tarefa de tomada de decisão. Portanto, o estudo 1 contou com um total de 153 blocos de cinco minutos de avaliações.

Os valores no interior das tabelas representam o número de blocos de cinco minutos de cada categoria nas respectivas classificações por quartis. Como houve um número desigual de tenistas por categoria, esses resultados estão acompanhados pelos percentuais relativos a cada categoria.

Tabela 15. Classificação por categoria em relação ao desempenho (tomada de decisão) para o estudo 1.

	<1 ^o quartil(25% piores)	>3 ^o quartil(25% melhores)
Categoria	Escore de tempo	
Profissionais	9 (33%)	5 (19%)
A. inter.	17 (19%)	25 (28%)
A.inic.	12 (33%)	8 (22%)
	Acurácia	
Profissionais	4 (15%)	8 (30%)
A. inter.	18 (20%)	19 (21%)
A.inic.	10 (28%)	8 (22%)
	Estabilidade	
Profissionais	0 (0%)	16 (59%)
A. inter.	33 (37%)	14 (16%)
A.inic.	4 (11%)	8 (22%)

A tabela 16 expõe os valores limites referentes aos quartis dos valores dos componentes do desempenho de uma tarefa de tomada de decisão.

Tabela 16. Valores limites pra os quartis dos componentes do desempenho (tomada de decisão) para o estudo 1.

Desempenho	<1 ^o quartil	>3 ^o quartil	P-valor
Escore de tempo (ms)	-2,28	10446	**
Acurácia (n)	14,684	22,737	**
Estabilidade (ms)	467,929	124,879	0,389

Nível de significância: ** p<0,01

5.1.3 Características da variabilidade da frequência cardíaca quanto à classificação

As tabelas 17, 18 e 19 expõem somente os índices de VFC que se diferenciaram significativamente comparando-se os tenistas que tiveram desempenhos na tarefa de tomada de decisão menores que o limite do primeiro quartil e os que tiveram maiores que o limite do terceiro quartil.

Tabela 17. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (tempo de antecipação, escore de tempo) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.

Variável VFC	<1 ^o quartil	>3 ^o quartil	p-valor
r Média RR	1,041	1	**
r SDNN	0,962	0,806	*
r RMSSD	1,109	0,896	**
r pNN50	1,293	0,942	**
<i>r LF (nu)</i>	<i>0,908</i>	<i>1,035</i>	**
r HF (nu)	0,029	0,033	**
r LF/HF	0,8	1,226	**
r SD2	0,942	0,811	**
r D2	1,915	1,001	*

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 18. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (acurácia) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.

Variável VFC	<1 ^o quartil	>3 ^o quartil	p-valor
D2	2,968	3,438	*
r Média RR	1,044	1,003	**
r SDNN	0,969	0,76	**
r RMSSD	1,127	0,864	**
r pNN50	1,379	0,926	**
<i>r LF (nu)</i>	<i>0,893</i>	<i>1,056</i>	**
r HF (nu)	1,322	1,011	**
r LF/HF	0,861	1,282	*
r SD1	1,127	0,864	**
r SD2	0,95	0,76	*

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 19. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (estabilidade) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.

Variável VFC	<1 ^o quartil	>3 ^o quartil	p-valor
RMSSD	51,51	68,20	*
D2	2,96	3,43	*
NN50	92,42	123,57	**
pNN50	22,83	33,66	**
<i>LF (nu)</i>	<i>70,20</i>	<i>65,67</i>	*
HF (nu)	29,79	34,32	**
SD1	36,47	48,29	*
D2	3,55	3,03	*

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

5.1.4 Comparação do desempenho (tomada de decisão) e da VFC por categoria

A tabela 20 mostra a comparação dos resultados dos componentes do desempenho na tarefa de tomada de decisão entre as categorias dos tenistas para o estudo 1.

Tabela 20. Comparação do desempenho (tomada de decisão) entre categorias de tenistas (estudo 1) (MANOVA).

Desempenho	Categoria - Média (DP)			P-valor		
	Profissional(A)	A. Inter.(B)	A. inic.(C)	A x B	A x C	B x C
Tempo ant. (ms)	3919(2147)	5860(2974)	4472(1876)	*		
Acurácia (n)	19,38(4,33)	19,35(3,87)	18,49(3,12)			
Estabilidade (ms)	152,27(55,61)	320,96(159,34)	246,85(127,44)	*	*	*

Nível de significância: *p < 0,05

A tabelas 21 e 22 exibem as comparações dos resultados dos índices da VFC entre as categorias dos tenistas para o estudo 1.

Tabela 21. Índices de VFC conforme a categoria de tenistas na Linha de base (MANOVA).

Desempenho	Profissional(A)	Categoria - Média (DP)		P-valor		
		A. Inter.(B)	A. inic.(C)	A x B	A x C	B x C
MédiaRR(ms)	782,54(101,65)	772,52(97,76)	667,54(95,87)		*	*
SDNN (ms)	88,84(50,75)	112,06(56,76)	98,02(55,53)	*		
RMSSD (ms)	52,08(32,11)	64,96(30,18)	50,16(28,11)	*		*
NN50 (n)	67,93(25,12)	117,29(46,43)	64,76(31,21)	*		*
pNN50 (%)	24,65(12,18)	31,27(18,64)	15,21(10,71)	*	*	*
LF/HF	3,5(2,11)	2,49(1,41)	3,84(2,86)	*		*
SD1 (ms)	36,94(25,19)	45,99(27,23)	35,52(23,29)	*		*
SD2 (ms)	119,3(51,67)	149,07(65,82)	132,36(66,71)	*		
D2	3(1,22)	3,31(1,72)	2,66(1,27)			*

Nível de significância: *p < 0,05

Tabela 22. Índices de VFC conforme a categoria de tenistas durante a avaliação (MANOVA).

Desempenho	Profissional(A)	Categoria - Média (DP)		P-valor		
		A. Inter.(B)	A. inic.(C)	A x B	A x C	B x C
MédiaRR(ms)	813,90(173,71)	786,97(428,23)	686,77(494,34)		*	*
SDNN (ms)	80,59(45,88)	87,83(45,48)	87,64(44,39)			
RMSSD (ms)	55,17(37,83)	65,18(35,36)	65,68(41,63)	*		
NN50 (n)	107,93(25,98)	128,47(72,33)	63,38(21,38)	*	*	*
pNN50 (%)	28,50(13,01)	35,20(20,01)	14,84(7,11)	*	*	*
LF/HF	2,73(1,32)	2,21(1,2)	4,04(2,14)		*	*
SD1 (ms)	39,07(26,76)	46,16(21,29)	46,49(21,99)	*		
SD2 (ms)	106,42(54,79)	114,31(68,88)	111,52(71,54)			
D2	3,34(2,01)	3,08(2,04)	3,08(2,81)			

Nível de significância: *p < 0,05

5.1.5 Desempenho (tomada de decisão) por categoria com o decorrer da avaliação

As figuras 31, 32, 33, 34, 35, 36 e 37 mostram os resultados dos componentes do desempenho (tomada de decisão) nos três períodos em que os tenistas foram avaliados. Vale lembrar que no estudo 1 foram três períodos consecutivos de cinco minutos.

Para os tenistas amadores iniciantes:

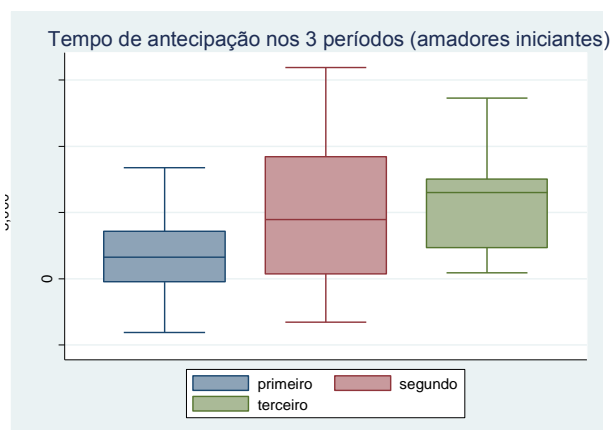


Figura 31. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 1.

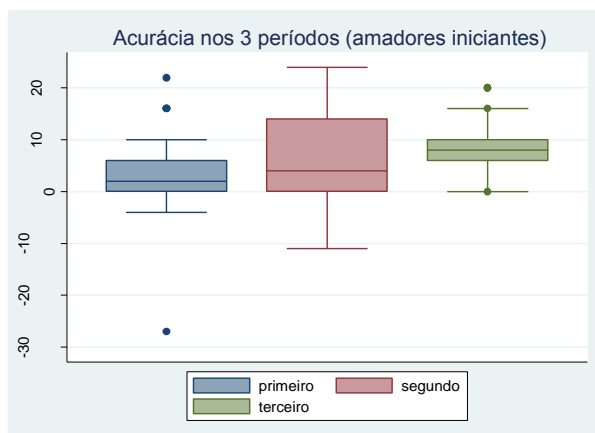


Figura 32. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 1.

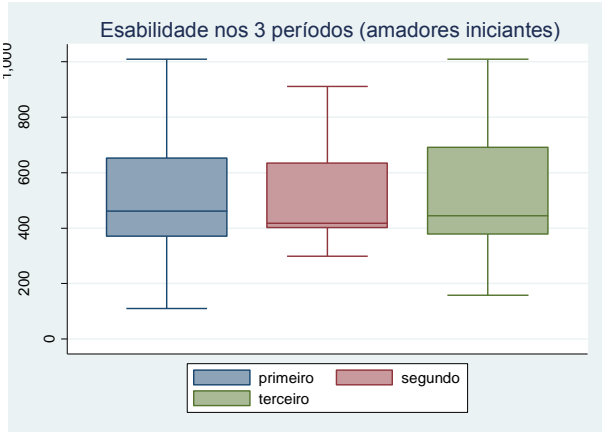


Figura 33. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 1.

Para os tenistas amadores intermediários:

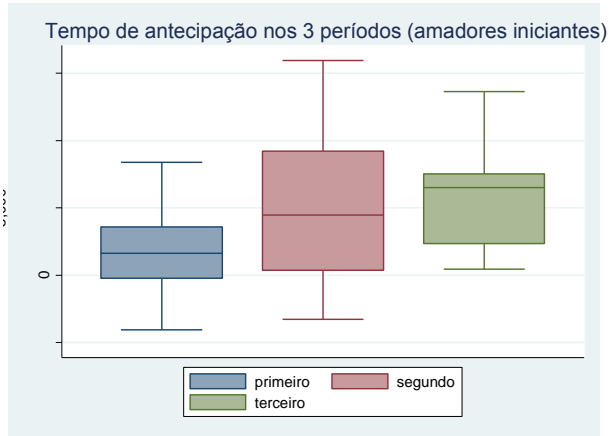


Figura 34. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 1.

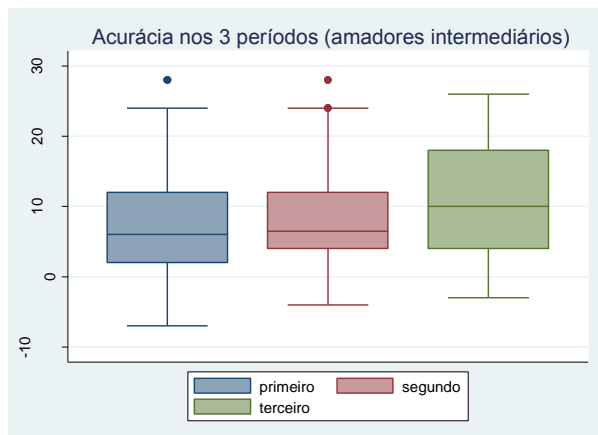


Figura 35. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 1.

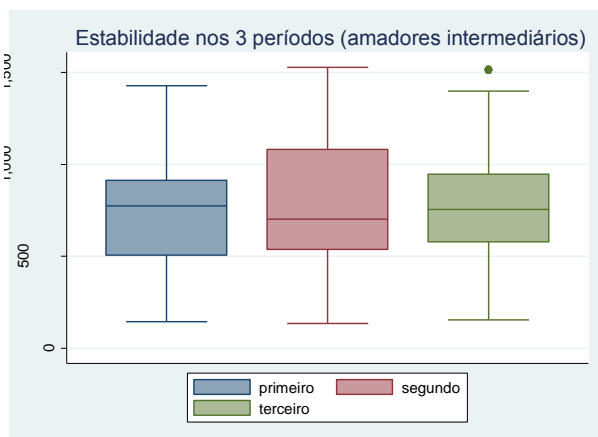


Figura 36. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 1.

Para os tenistas que treinam profissionalmente:

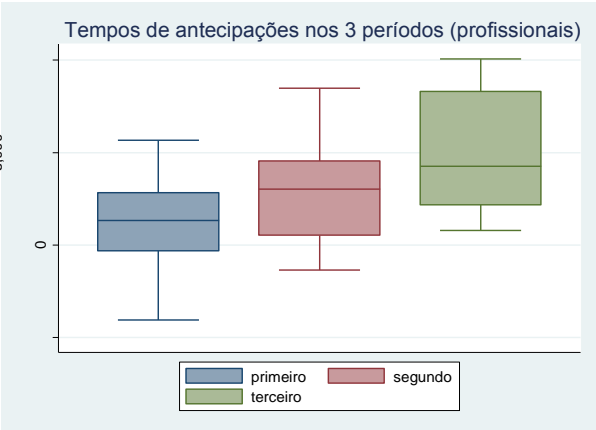


Figura 37. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 1.

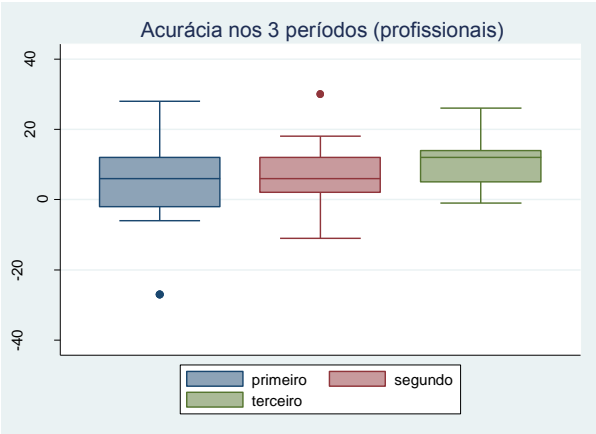


Figura 38. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 1.

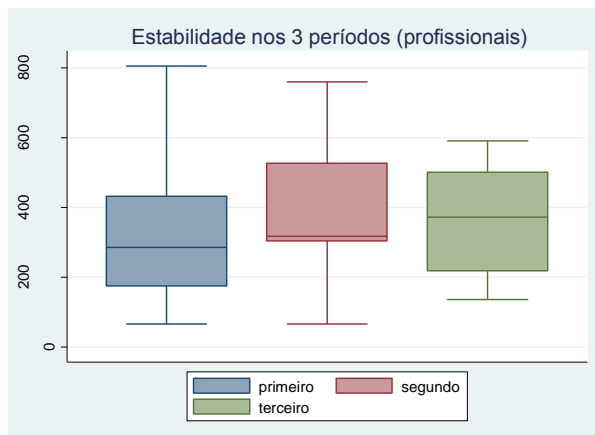


Figura 39. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 1.

5.2 Resultados do Estudo 2

5.2.1 Correlações entre variabilidade da frequência cardíaca e desempenho (tomada de decisão)

As tabelas 23, 24, 25, 26, 27 e 28 expõem os valores das correlações entre os índices da VFC e os componentes do desempenho (tomada de decisão) do estudo 2.

Tabela 23. Correlações entre o componente escore de tempo (tempo de antecipação) e os índices de VFC - Estudo 2.

Variável VFC	Escore de tempo	P-valor
Média RR (ms)	0,08	0,68
SDNN (ms)	-0,35**	0,002
RMSSD (ms)	-0,34**	0,00012
NN50 (n)	-0,41**	3,74E-08
pNN50 (%)	-0,43**	7,53E-06
LF (nu-%)	0,25*	0,029
HF (nu-%)	-0,26*	0,033
LF/HF	0,15	0,179
SD1 (ms)	-0,4**	0,00012
SD2 (ms)	-0,34**	0,004
D2	-0,39**	0,0008

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 24. Correlações entre o componente acurácia e os índices de VFC - Estudo 2.

Variável VFC	Acurácia	P-valor
Média RR (ms)	0,02	0,816
SDNN (ms)	-0,29*	0,014
RMSSD (ms)	-0,33**	0,0002
NN50 (n)	-0,31**	7,27E-06
pNN50 (%)	-0,33**	0,00004
LF (nu-%)	0,28*	0,015
HF (nu-%)	-0,28*	0,019
LF/HF	0,14	0,213
SD1 (ms)	-0,33**	0,0002
SD2 (ms)	-0,27*	0,023
D2	-0,27*	0,026

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 25. Correlações entre o componente estabilidade e os índices de VFC - Estudo 2.

Variável VFC	Estabilidade	P-valor
Média RR (ms)	0,18	0,122
SDNN (ms)	-0,21**	0,009
RMSSD (ms)	-0,3*	0,01
NN50 (n)	-0,26**	0,0004
pNN50 (%)	-0,3*	0,03
<i>LF (nu-%)</i>	<i>0,11</i>	<i>0,345</i>
HF (nu-%)	-0,12	0,333
LF/HF	0,25*	0,027
SD1 (ms)	-0,3*	0,01
SD2 (ms)	-0,31**	0,008
D2	-0,32**	0,0002

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

No estudo 2 houve uma modificação do desenho da pesquisa que trouxe a possibilidade de se considerar linhas de bases distintas para cada período de avaliação cognitiva. Nas tabelas 26, 27 e 28 têm-se os cálculos para os valores relativos a linhas de bases anteriores a cada período da avaliação.

Tabela 26. Correlações em relação às LB individuais entre o componente escore de tempo (tempo de antecipação) do desempenho e os índices da VFC - Estudo 2.

Variável VFC	Escore de tempo	P-valor
rMédia RR (ms)	0	0,989
rSDNN (ms)	0,37**	0,001
rRMSSD (ms)	-0,42**	0,0002
rNN50 (n)	-0,41**	5,98E-06
rpNN50 (%)	-0,45**	2,51E-07
<i>rLF (nu-%)</i>	<i>0,25*</i>	<i>0,028</i>
rHF (nu-%)	-0,26*	0,031
rLF/HF	0,16	0,176
rSD1 (ms)	-0,35**	0,0002
rSD2 (ms)	0,36**	0,001
rD2	-0,38**	0,001

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 27. Correlações em relação às LB individuais entre o componente acurácia do desempenho (tomada de decisão) e os índices da VFC - Estudo 2.

Variável VFC	Acurácia	P-valor
rMédia RR (ms)	-0,05	0,688
rSDNN (ms)	0,29*	0,013
rRMSSD (ms)	-0,36**	0,0006
rNN50 (n)	-0,38**	2,39E-05
rpNN50 (%)	-0,38**	2,83E-05
rLF (nu-%)	0,28*	0,014
rHF (nu-%)	-0,28*	0,017
rLF/HF	0,15	0,208
rSD1 (ms)	-0,35**	0,0006
rSD2 (ms)	0,27	0,019
rD2	-0,25	0,041

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 28. Correlações em relação às LB individuais entre o componente estabilidade do desempenho (tomada de decisão) e os índices da VFC - Estudo 2.

Variável VFC	Estabilidade	P-valor
rMédia RR (ms)	0,24	0,034
rSDNN (ms)	0,29*	0,01
rRMSSD (ms)	-0,29	0,016
rNN50 (n)	-0,31**	0,002
rpNN50 (%)	-0,33**	0,001
rLF (nu-%)	0,11	0,338
rHF (nu-%)	-0,12	0,327
rLF/HF	0,26	0,027
rSD1 (ms)	-0,29	0,016
rSD2 (ms)	0,3*	0,01
rD2	-0,41**	0,0003

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Aplicando-se os cálculos propostos por Mietus et al. (2002) para a análise dos componentes da família pNN(x) obtiveram-se os valores expostos nas figuras 40, 41 e 42 para as correlações de Pearson. Essas correlações referem-se a valores relativos à linha de base (LB) individuais, por isso, o termo rpNN(x).

Para o componente escore de tempo (tempo de antecipação):

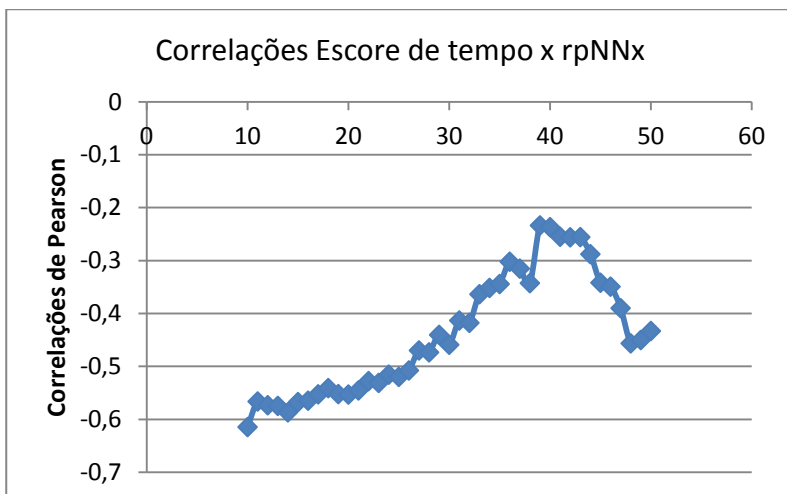


Figura 40. Correlações entre o Escore de tempo e rpNNx para o estudo 2.

Para o componente acurácia (precisão):

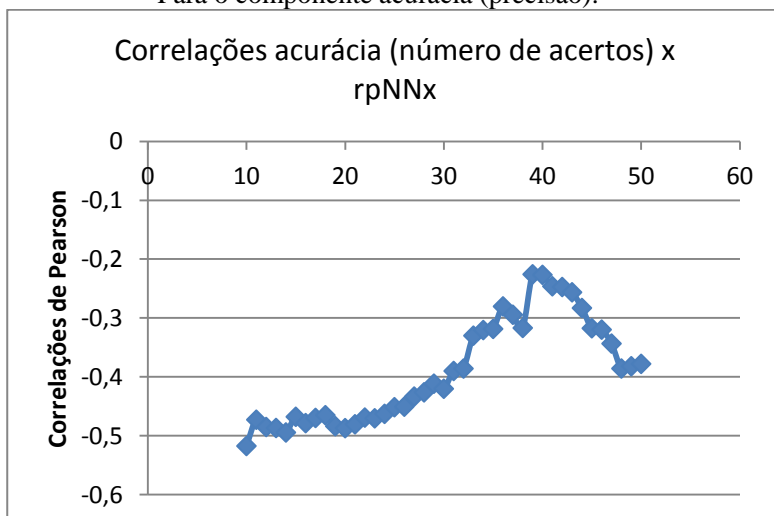


Figura 41. Correlações entre a acurácia e rpNNx para o estudo 2.

Para o componente estabilidade:

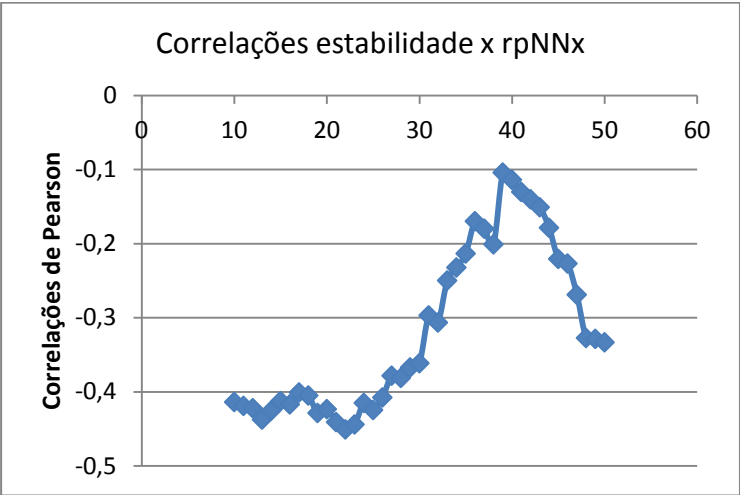


Figura 42. Correlações entre a estabilidade e rpNNx para o estudo 2.

Pelos cálculos, observou-se que as correlações do escore de tempo, acurácia e estabilidade variam entre rpNN10 e rpNN50. Para o tempo de antecipação e a acurácia, as correlações alcançam valores mais expressivos em rpNN10. Já para a estabilidade, obtém-se esse resultado para rpNN22. Pelo *software* Stata/SE versão 12.0, obtiveram-se os valores das correlações entre os componentes do desempenho da tarefa de tomada de decisão e esses índices da VFC que estão expostos na tabela 29.

Tabela 29. Correlações entre os componentes do desempenho da tarefa de tomada de decisão, rpNN10 (escore de tempo e acurácia) e rpNN22 (estabilidade) durante a avaliação para o estudo 2 (dados obtidos a partir do *software* Stata/SE versão 12.0).

Coeficientes de correlação e determinação			
Desempenho	r	r ²	P valor
Escore de tempo(ms)	-0,61	0,37	9,57E-09
Acurácia (n)	-0,52	0,27	3,29E-06
Estabilidade (ms)	-0,45	0,2	7,08E-05

Nível de confiança: 0,95

Novamente, utilizou-se os recursos do *software* *Curvexpert Professional 2.0.3* e obtiveve-se para rpNN10 (escore

de tempo e acurácia) e rpMM22 (estabilidade) os valores expostos na tabela 30. Os detalhes desses cálculos estão expostos no apêndice 4. Valores considerados médios/fortes para as variáveis correlacionadas.

Tabela 30. Correlações entre os componentes do desempenho da tarefa de tomada de decisão, rpNN10 (escore de tempo e acurácia) e rpNN22 (estabilidade) durante a avaliação no estudo 2 (dados obtidos a partir do *software* Curvexpert versão 2.0.3.

Desempenho	Coeficientes de correlação e determinação	
	r	r ²
Escore de tempo(ms)	-0,7	0,49
Acurácia (n)	-0,67	0,45
Estabilidade (ms)	-0,62	0,38

Nível de confiança: 0,95

5.2.2 Classificação por categoria

A tabela 31 mostra a distribuição dos tenistas por categoria no que se refere às suas classificações quanto aos seus desempenhos da tarefa de tomada de decisão. Divisões baseada nos cálculos de quartis.

O estudo 2 contou com a participação de vinte e quatro tenistas e cada avaliação durou trinta minutos. Antes de cada execução da avaliação cognitiva de cinco minutos houve uma linha de base de idêntico período (LB individuais).

Os valores no interior das tabelas representam o número de blocos de cinco minutos de cada categoria nas respectivas classificações por quartis. Como cada categoria tinha número desigual de tenistas, esses números estão acompanhados pelos percentuais relativos a cada categoria.

Tabela 31. Classificação por categoria em relação ao desempenho (tomada de decisão) para o estudo 2.

	<1 ^o quartil(25% piores)	>3 ^o quartil(25%melhores)
Categoria	Escore de tempo	
Profissionais	8 (24%)	4 (12%)
A. inter.	1 (5%)	12 (57%)
A.inic.	9 (50%)	3 (17%)
	Acurácia	
Profissionais	6 (18%)	4 (12%)
A. inter.	3 (14%)	9 (43%)
A.inic.	9 (50%)	1 (6%)
	Estabilidade	
Profissionais	8 (24%)	5 (15%)
A. inter.	2 (10%)	9 (43%)
A.inic.	7 (39%)	4 (22%)

A tabela 32 expõe os valores limites (quartis) dos componentes do desempenho da tarefa de tomada de decisão.

Tabela 32. Valores limites pra os quartis dos componentes do desempenho (tomada de decisão) para o estudo 2.

Desempenho	<1 ^o quartil	>3 ^o quartil	P-valor
Escore de tempo (ms)	-905,22	7830,31	**
Acurácia (n)	11	22,69	**
Estabilidade (ms)	579,87	283,98	**

Nível de significância: ** p<0,01

5.2.3 Características da variabilidade da frequência cardíaca quanto à classificação

As tabelas 33, 34 e 35 expõem somente os índices de VFC que se diferenciaram significativamente comparando-se os tenistas que tiveram componentes dos desempenhos (tomadas de decisão) menores que o limite do primeiro quartil e os que tiveram maiores que o imite do terceiro quartil.

Tabela 33. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (tempo de antecipação, escore de tempo) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.

Variável VFC	<1 ^o quartil	>3 ^o quartil	p-valor
STDRR (ms)	72,166	51,194	**
RMSSD (ms)	58,183	29,378	**
NN50	105,3	18,63	**
pNN50	30,14	5,01	*
<i>LF (nu)</i>	<i>67,64</i>	<i>76,15</i>	*
HF (nu)	32,35	23,84	**
SD1	41,21	20,81	**
SD2	92,55	1,282	**
D2	2,786	1,63	**
rMédia RR	1,016	0,986	*
rRMSSD (ms)	0,893	0,755	*
rSD1	0,893	0,756	*
rSTDRR (ms)	72,166	51,194	**

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 34. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (acurácia) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.

Variável VFC	<1 ^o quartil	>3 ^o quartil	p-valor
STDRR (ms)	11,084	10,682	*
RMSSD (ms)	10,804	10,179	**
NN50	106,416	16,785	**
pNN50	30,494	4,471	**
SD1	10,459	9,835	**
SD2	11,341	9,835	*
D2	2,71	1,135	**
rMédia RR	1,023	0,976	*
rRMSSD (ms)	30,655	26,855	*
<i>rLF (nu)</i>	<i>1,005</i>	<i>1,212</i>	*
rSD1	1,005	1,212	

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 35. Índices de VFC que tiveram diferença significativa relacionados ao desempenho (estabilidade) considerando a diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.

Variável VFC	<1 ^o quartil	>3 ^o quartil	p-valor
STDRR (ms)	10,866	11,366	**
RMSSD (ms)	10,393	10,881	**
NN50	44,805	110,638	**
pNN50	12,994	30,638	**
LF/HF	4,558	2,872	*
SD1	10,049	10,537	**
SD2	11,145	11,65	**
D2	1,579	3,395	**

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

5.2.4 Comparação do desempenho (tomada de decisão) e da VFC por categoria

A tabela 36 mostra a comparação dos resultados dos componentes do desempenho (tomada de decisão) entre as categorias dos tenistas para o estudo 2.

Tabela 36. Comparação do desempenho (tomada de decisão) entre categorias de tenistas (estudo 2) (MANOVA).

Desempenho	Categoria - Média (DP)			P-valor		
	Profissional(A)	A. Inter.(B)	A. inic.(C)	A x B	A x C	B x C
Tempo ant. (ms)	984(351)	5746(1885)	889(360)	**		**
Acurácia (n)	15,38(3,76)	21,53(3,29)	14,74(4,05)	**		**
Estabilidade (ms)	372,11(151)	487,26(203)	400,53(163,98)	*		*

Nível de significância: *p < 0,05

A tabelas 37 e 38 exibem as comparações dos resultados dos índices da VFC entre as categorias dos tenistas para o estudo 2.

Tabela 37. Índices de VFC conforme a categoria entre tenistas na LB individualizadas (MANOVA).

Desempenho	Categoria - Média (DP)			P-valor		
	Profissional(A)	A. Inter.(B)	A. inic.(C)	A x B	A x C	B x C
MédiaRR(ms)	917,41(381,16)	882,61(329,22)	766,74(267,11)		*	**
SDNN (ms)	121,68(34,82)	86,43(53,88)	61,16(31,26)	*	**	**
RMSSD (ms)	88,28(38,31)	41,52(23,21)	37,39(24,83)	**	**	
NN50 (n)	133,98(31,2)	38,19(12,59)	60,16(17,7)	**	**	*
pNN50 (%)	42,44(16,41)	11,13(3,82)	15,64(6,28)	**	**	
LF/HF	2,5(1,81)	3,48(2,01)	5,5(3,89)		*	
SD1 (ms)	62,51(36,19)	29,39(32,77)	26,49(21,79)	**	**	
SD2 (ms)	157,07(72,83)	117,44(52,93)	81,78(42,22)	*		
D2	2,23(1,72)	2,51(2,1)	3,47(2,59)		**	**

Nível de significância: *p < 0,05

Tabela 38. Índices de VFC conforme a categoria de tenistas durante a avaliação (MANOVA).

Desempenho	Categoria - Média (DP)			P-valor		
	Profissional(A)	A. Inter.(B)	A. inic.(C)	A x B	A x C	B x C
MédiaRR(ms)	901,27(327,48)	884,38(374,33)	789,47(298,22)		**	**
SDNN (ms)	105,76(97,45)	51,29(45,49)	59,03(365,22)	**	**	
RMSSD (ms)	73,61(45,48)	30,66(21,72)	39,09(21,44)	**	**	*
NN50 (n)	130,21(31,48)	28(11,61)	69(21,29)	**	**	**
pNN50 (%)	38,57(20,2)	7,68(1,97)	17,3(5,81)	**	**	**
LF/HF	2,6(2,02)	3,46(2,18)	4,44(3,5)	*	*	
SD1 (ms)	52,14(34,03)	21,72(18,22)	27,68(18,77)	**	**	*
SD2 (ms)	138,32(97,3)	68,75(37,08)	78,52(41,8)	**	**	
D2	2,92(2,06)	1,72(0,98)	3,5(2,51)	**		**

Nível de significância: *p < 0,05

5.2.5 Desempenho (tomada de decisão) por categoria com o decorrer da avaliação

As figuras 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50 e 51 discriminam os resultados dos componentes do desempenho (tomada de decisão) de cada categoria de tenistas nos três períodos da avaliação cognitiva. No estudo 2 foram três períodos de cinco minutos intercalados por períodos de cinco minutos de repouso (linha de base).

Para os tenistas amadores iniciantes:

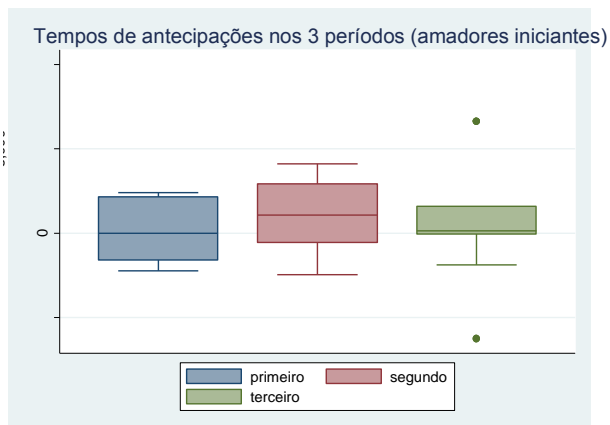


Figura 43. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 2.

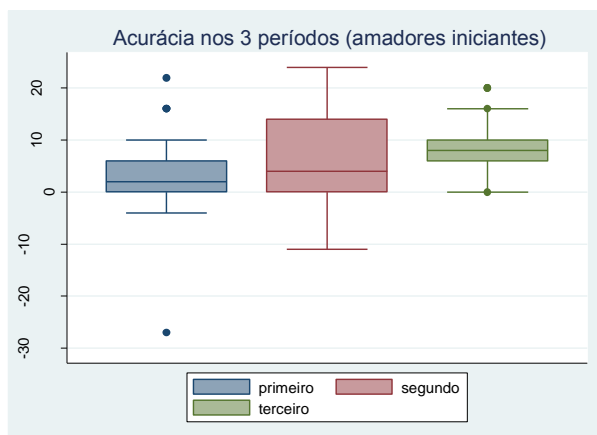


Figura 44. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 2.

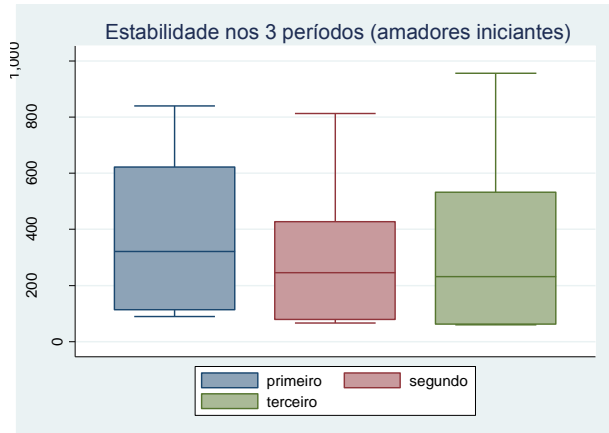


Figura 45. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas amadores iniciantes para o estudo 2.

Para os tenistas amadores intermediários:

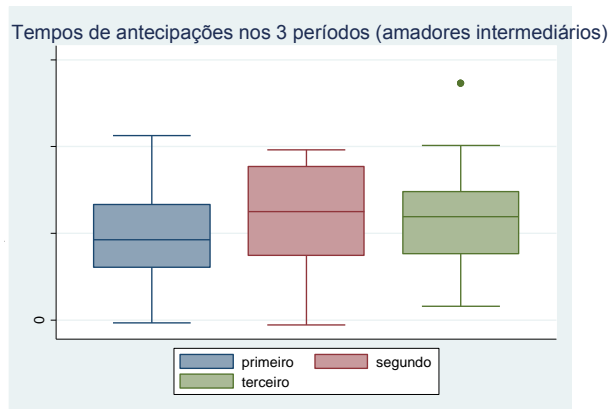


Figura 46. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 2.

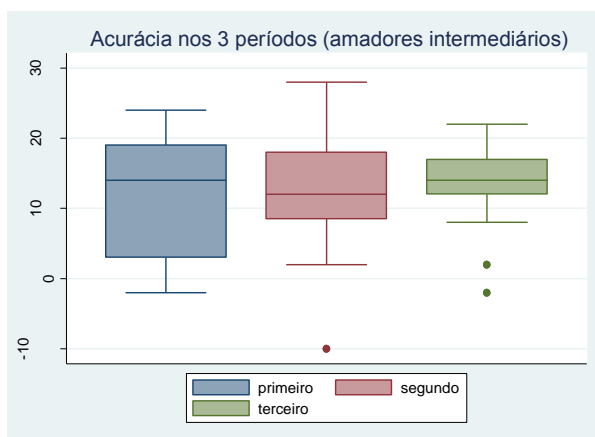


Figura 47. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 2.

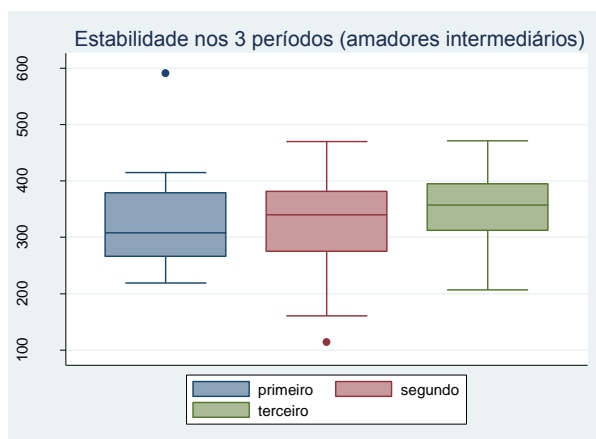


Figura 48. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas amadores intermediários para o estudo 2.

Para os tenistas profissionais:

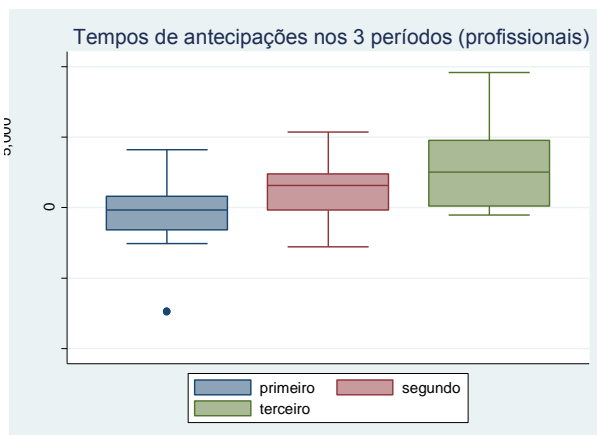


Figura 49. Desempenho (tempo de antecipação) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 2.

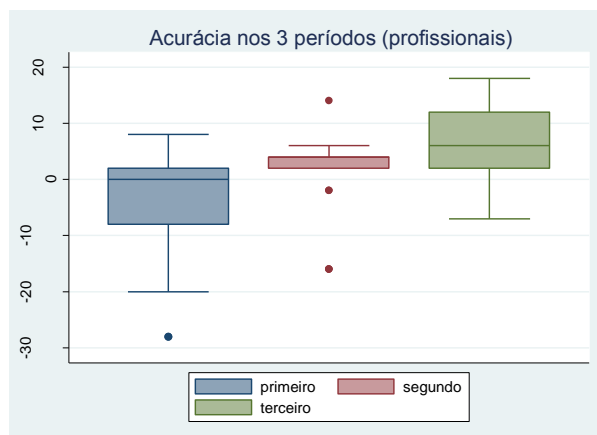


Figura 50. Desempenho (acurácia) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 2.

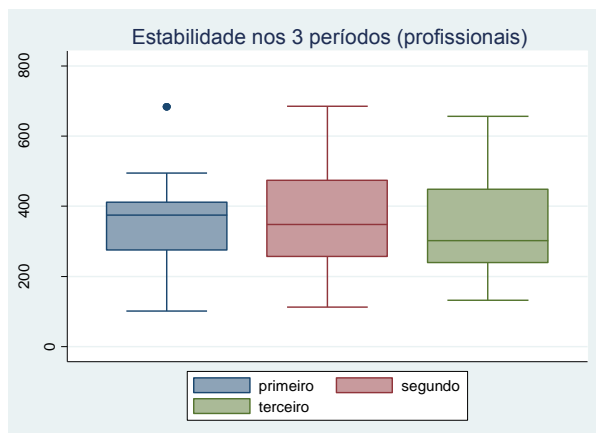


Figura 51. Desempenho (estabilidade) no decorrer da avaliação em tenistas profissionais para o estudo 2.

5.3 Comparação entre os estudos

A tabela 39 refere-se à comparação do estudo 1 ao estudo 2 em relação aos componentes do desempenho (tomada de decisão).

Tabela 39. Comparação dos componentes do desempenho (tomada de decisão) entre os dois estudos.

Desempenho	Estudo 2	Estudo 1	P-valor
Escore de tempo (ms)	3075(962)	5152(1820)	< 0,01
Acurácia (n)	17,94(4,8)	19,14(6,1)	< 0,05
Estabilidade (ms)	430,79(280)	270,74(122)	< 0,01

Quando comparados, os resultados do desempenho (tomada de decisão) mostraram-se significativamente diferentes nos seus três componentes. Fato que justificou a forma distinta de suas exposições e análises. O apêndice 2 desse documento demonstra os procedimentos estatísticos que averiguaram as diferenças entre os estudos.

As tabelas 40 e 41 mostram os valores dos índices da VFC de forma comparativa entre os dois estudos.

Tabela 40. Comparação dos índices de VFC entre os dois estudos durante a LB.

Durante a Linha de Base – Média (DP)			
Variável VFC	Estudo 2	Estudo 1	P-valor
Média RR (ms)	864,26(379,66)	767,71(286,94)	**
SDNN (ms)	69,21(51,4)	86,4(65,38)	*
rMSSD (ms)	45,41(33,75)	83,39(44,19)	**
NN50 (n)	68,63(27,47)	108,7(42,84)	**
pNN50 (%)	19,22(4,88)	28,96(12,5)	**
LF (nu-%)	70,73(54,37)	68,69(49,55)	
HF (nu-%)	29,27(19,98)	31,31(25,62)	
LF/HF	3,46(2,79)	2,75(1,88)	**
SD1 (ms)	32,16(21,37)	44,88(32,07)	**
SD2 (ms)	91,61(58,24)	112,12(58,91)	*
D2	2,53(1,73)	3,13(2,28)	**

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

Tabela 41. Comparação dos índices de VFC entre os dois estudos durante a avaliação.

Durante a Avaliação – Média (DP)			
Variável VFC	Estudo 2	Estudo 1	P-valor
Média RR (ms)	866,66(437,71)	790,25(376,04)	**
SDNN (ms)	73,73(42,85)	96,92(63,82)	
rMSSD (ms)	43,22(37,9)	89,25(51,71)	**
NN50 (n)	84,14(21,72)	205,45(56,81)	*
pNN50 (%)	22,54(7,91)	56,15(20,16)	
LF (nu-%)	75,1(47,03)	58,78(36,71)	**
HF (nu-%)	24,9(13,71)	41,21(30,13)	
LF/HF	6,97(4,28)	3,6(2,06)	*
SD1 (ms)	30,62(16,81)	53,19(30,5)	**
SD2 (ms)	100,49(47,71)	123,39(59,29)	
D2	4,6(3,38)	4,13(3,05)	

Nível de significância: *p < 0,05; ** p < 0,01 ;

Itálico – dados não paramétricos.

6 DISCUSSÃO

6.1 Comparações entre os dois estudos

- Comparação entre os dois estudos (aspecto cognitivo):

Obteve-se nítido desempenho da tarefa de tomada de decisão inferior dos tenistas no estudo 2 em relação ao estudo 1. Os valores das variáveis escore de tempo (tempo de antecipação) e acurácia do estudo 1 confirmam que os tenistas obtiveram maior número de acertos e antecipações. Valores de antecipações corretas em torno de dois segundos maiores em média a cada cinco minutos de avaliação. Os valores superiores da variável estabilidade no estudo 2 refletem a menor constância nas decisões durante essa tarefa. Houve desempenhos inferiores significativos nos três itens do desempenho na tarefa de tomada de decisão no estudo 2. Portanto, a tarefa de identificar saques mostrou-se significativamente mais difícil para os tenistas que a identificação dos golpes de fundo de quadra.

- Comparação entre os dois estudos (média RR):

Assim como no desempenho na tarefa de tomada de decisão (atenção), os índices de VFC foram, na sua maioria, significativamente diferentes tanto nas suas linhas de bases como durante a avaliação cognitiva comparando-se os dois estudos. No estudo 1, a média dos intervalos entre batimentos cardíacos dos avaliados durante as linhas de base foi de médiaRR = 767 ms e durante a avaliação cognitiva médiaRR = 790 ms. No estudo 2, esse índice foi de médiaRR= 864 ms para as linhas de base e de médiaRR= 866 ms durante as avaliações.

- Comparação dos dois estudos com outras pesquisas (média RR):

Caldeira (2011) avaliou o desempenho cognitivo em tenistas profissionais e encontrou valores para esses índices de médiaRR= 832,2 ms na linha de base e médiaRR= 802,7 ms para a atividade cognitiva. Já Casado et al. (2013) em uma amostra de vinte e oito homens, encontrou valores médios de RR para atletas profissionais de médiaRR= 1153,7 ms enquanto para pessoas não

atletas de médiaRR= 925,69 ms. Importante observar que na pesquisa de Casado et al. (2013) os participantes foram monitorados na posição supino enquanto na de Caldeira na posição sentada, ou seja, semelhante ao presente estudo.

Matos et al. (2012) encontraram para o índice MédiaRR= 887,37 ms para um grupo controle e de MédiaRR= 970,34 ms para um grupo de tenistas que participaram de um treinamento de quatro semanas. Os autores pesquisaram as alterações nos estados de estresse e a recuperação de tenistas de alto rendimento após um mesociclo de treinamentos e compararam esses dados aos do grupo controle.

Morout et al. (2004) observaram a partir da linha de base como referência, uma diminuição na média nos índices de RR (de médiaRR= 897 ms para médiaRR= 880 ms) de seus avaliados decorrentes de uma alta demanda cognitiva. Algo que diverge dos resultados da presente pesquisa. Seiler, Haugen e Kuffel (2007) observaram também em atletas profissionais, índices de médiaRR= 1127 ms em situações anteriores ao treinamento, portanto, idêntica ao presente estudo. Valores parecidos aos encontrados por Menezes et al. (2009) em situação e amostra correspondentes (médiaRR= 1097 ms).

- Comparação entre os dois estudos (amostra):

Quanto à amostra, o estudo 1 teve um maior número de tenistas da categoria amadores intermediários, quantidade que superou o triplo da categoria profissional e o dobro dos tenistas da categoria amadores iniciantes. No estudo 2, o número de tenistas profissionais superou ao de amadores tanto iniciantes quanto intermediários. Em ambos os estudos, houve a predominância de homens na amostra, o que reflete a atualidade do tênis brasileiro. Apenas quatro mulheres participaram da avaliação, totalizando pouco mais de 5% da amostra.

6.2 Correlações entre VFC e desempenho (tomada de decisão)

Ressalta-se que a procura por índices correlacionais entre o desempenho na tarefa de tomada de decisão e os índices de VFC foi o principal objetivo desta pesquisa. Bertollo et al. (2013), a partir da criação de quatro classificações de desempenho e da monitoração da condutância da pele (resposta galvânica da pele),

da frequência cardíaca, da postura e do ritmo respiratório durante a execução dos gestos esportivos, correlacionaram variáveis fisiológicas ao desempenho esportivo de dois atletas (um atleta de tiro e o outro arremessador de dardos). Não encontraram correlações entre o desempenho e a frequência cardíaca. Encontraram uma correlação forte de $r = 0,895$ ($p < 0,001$) entre a percepção do atirador de pistola de pressão e o desempenho no tiro realizado e relataram uma distinção nos padrões de comportamento das posturas, do ritmo respiratório e dos valores de condutância da pele nos dois casos.

No geral, na presente pesquisa, os resultados das correlações entre os componentes do desempenho na tarefa de tomada de decisão e os índices de VFC gerados pelo *software Kubios HRV version 2.0* mostraram-se fracos de acordo com as classificações de Shrout & Fleiss (1979). Raras exceções alcançaram valores de correlações em módulo maiores que 0,5.

No estudo 1, obteve-se $r = -0,43$ para o índice $rpNN50$ quando correlacionado com a acurácia. No estudo 2, houve maiores incidências de valores superiores a 0,5 para essas correlações tanto para valores medidos diretamente durante a execução da avaliação cognitiva quanto para valores relacionados com as respectivas linhas de base. Nesse estudo, os valores das correlações relativas às linhas de base imediatamente anteriores à execução da tarefa foram maiores que os valores relacionados à tradicional linha de base única inicial à avaliação cognitiva.

Ressalta-se que a maioria dos valores das correlações entre os índices de VFC e os componentes do desempenho acurácia e escore de tempo (antecipação) foi negativa, o que indica um melhor desempenho na tarefa de tomada de decisão (escolhas) correlacionado com menores valores de VFC. Especificamente para a variável estabilidade no estudo 2, houve uma inversão dessa lógica: maiores constâncias nas respostas foram correlacionadas a maiores valores dos índices de VFC.

Encontraram-se valores maiores de correlações nos cálculos que envolveram a família $pNNx$ do que para o índice tradicional $pNN50$. É possível que o índice $pNN50$ proposto pela *Task Force* (1996) não tenha sido tão sensível às características da avaliação cognitiva proposta.

Mietus et al. (2002) alertaram a importância dos cálculos para valores da família $pNNx$, alternativa que se mostrou eficaz ao presente estudo. No estudo 1, o índice $rpNN12$ da VFC,

correlacionou-se com a acurácia ($r = -0,50$) e com o tempo de antecipação ($r = -0,58$) com respectivos valores de determinação ($r^2 = 0,25$ e $r^2 = 0,3$), valores de significância ($P\text{-valor} < 0,001$) e níveis de confiança de 0,95 para ambos.

Para o estudo 2, o índice rpNN10 correlacionou-se com a acurácia ($r = -0,52$) e com o escore de tempo ($r = -0,61$) e o índice rpNN22 com a componente estabilidade do desempenho na tarefa de tomada de decisão ($r = -0,45$), com respectivos valores de determinação ($r^2 = 0,27$, $r^2 = 0,37$ e $r^2 = 0,20$), valores de significância ($P\text{-valor} < 0,001$) e níveis de confiança de 0,95 para todos.

Mietus et al (2002) utilizaram os cálculos da família pNNx para discriminar grupos de pessoas. Encontraram valores de significância de $p < 10^{-13}$ para pNN12 versus $p < 10^{-4}$ para pNN50 na discriminação entre grupos de pessoas saudáveis e pacientes com insuficiência cardíaca. Na discriminação de pessoas acordadas e dormindo (experimento com duração de 6 horas): pNN12 ($p < 10^{-21}$) comparado ao pNN50 ($p < 10^{-10}$). Entre jovens e idosos saudáveis: pNN28 ($p < 10^{-6}$) e pNN50 ($p < 10^{-4}$). Entre idosos saudáveis e jovens com insuficiência cardíaca: pNN20 ($p < 0,007$) e pNN50 ($p < 17$) e para dois subgrupos de duas classes (I-II e III-IV) de pacientes com insuficiência cardíaca do *New Heart Association Functional Class*: pNN10 ($p < 0,004$) e pNN50 ($p < 13$). Concluíram que índices de pNNx menores que 50 ms ofereciam maior precisão na discriminação dos grupos que pesquisaram. Confirmaram a importância de suas afirmações expondo casos em que não foram estatisticamente percebidas diferenças entre os grupos com a utilização do tradicional índice pNN50, significância que foi encontrada com o uso de valores menores de pNNx. Fato semelhante ao ocorrido no presente estudo.

Utilizando exercício em bicicleta ergométrica (15 minutos a 60% da frequência cardíaca máxima estimada) e usando um relógio cardiofrequencímetro (marca polar, modelo s810), Torres & Orellana (2010) investigaram o pNNx para distinguir nove pacientes cardíacos de dez pessoas saudáveis tanto em repouso quanto em exercício. Encontraram mais sensibilidade no índice pNN10 do que no índice pNN50. Os pesquisadores utilizaram os dados absolutos adquiridos do cardiofrequencímetro, portanto, sem filtros.

O índice pNN10 referido à linha de base correspondente (rpNN10) no estudo 2 dessa pesquisa, correlacionou-se de forma negativa e moderada com a acurácia e com o tempo de antecipação. O que significa que quanto maiores foram as mudanças (aumentos) no índice pNN10 proporcionadas pela avaliação cognitiva em relação à situação de repouso anterior (LB), menor o desempenho na tarefa de tomada de decisão no que se refere aos tempos de antecipações e à precisão (acurácia).

Kim et al. (2009) pesquisaram a faixa de pNN1 até pNN100 para distinguir sessenta e um pacientes que utilizavam clopazina de cinquenta e uma pessoas saudáveis que não faziam uso desse medicamento. Os autores obtiveram melhores resultados com a utilização do índice pNN5 em coletas de trinta minutos.

No presente estudo, a utilização do *software Curvexpert Professional versão 2.0.3* proporcionou maiores valores para todos os índices comparados aos calculados com os *softwares Stata/SE versão 12.0*. Neste contexto, os valores correlacionais para o estudo 1 que envolveram o índice rpNN12, acurácia ($r = -0,61$) e escore de tempo ($r = -0,65$) foram considerados entre moderados e fortes (Shrout & Fleiss, 1979), tendo os respectivos índices de determinação ($r^2 = 0,38$ e $r^2 = 0,42$) com níveis de confiança maior que 0,95.

No estudo 2, a utilização desse *software* também trouxe valores maiores de coeficientes de correlações e de determinação. Valores de $r = -0,67$ para o índice rpNN10 e a acurácia, $r = -0,70$ para o índice rpNN10 em relação ao escore de tempo e $r = -0,62$ para a estabilidade e o índice rpNN22 com os respectivos índices de determinação ($r^2 = 0,45$, $r^2 = 0,49$ e $r^2 = 0,38$) e níveis de confiança maior que 0,95.

Autores como Reis et al. (1998) relataram que os índices pNN50 e o rMSSD correlacionam-se com o componente de alta frequência do espectro de potência uma vez que quantificam variações rápidas da frequência cardíaca. Para o estudo 1, a par dessa informação, houve uma tentativa de se somar a influência do índice rMSSD ao de rpNN12, porém, não se obteve melhoras nos índices de correlação e determinação.

No geral, pode-se afirmar que os índices encontrados foram relevantes já que a avaliação cognitiva foi projetada para quatro possibilidades de respostas, portanto, pela concepção do projeto têm-se 25% de chances iniciais de acerto “às cegas”.

6.3 Comparação entre categorias

Comparar as categorias entre sujeitos (golfistas, arqueiros e outros esportes de precisão) tem sido objeto de pesquisa de vários estudiosos (Bertollo et al., 2013; Haufler et al., 2000; Goodman et al., 2009; Kontinen & Lyytinen, 1992; Salazar et al., 1990).

Na presente pesquisa, a análise dos melhores e piores desempenhos cognitivos mostrou uma disposição desigual entre as categorias de tenistas. No estudo 1, observou-se que 33% dos tenistas que treinam como profissionais classificaram-se entre os 25% piores no que diz respeito ao tempo de antecipação (escore de tempo) enquanto que apenas 19% dessa categoria estiveram entre os melhores. Algo surpreendente já que teoricamente, possuem maior experiência que os tenistas amadores. Vinte e oito por cento (28%) dos tenistas de nível intermediário classificaram-se entre os melhores em relação a essa variável (tempo de antecipação). Compartilhando os piores resultados em relação a mesma variável com os profissionais estiveram os tenistas amadores iniciantes com 33% da sua categoria.

No estudo 1, os tenistas profissionais obtiveram melhores classificações nos critérios precisão (acurácia) e estabilidade em suas respostas comparados aos tenistas das outras duas categorias. Na acurácia, embora 15% tenham se classificado entre os 25% piores, 30% da categoria profissionais estiveram entre os melhores. No componente estabilidade do desempenho na tarefa de tomada de decisão, os profissionais mostraram-se superiores, 59% da categoria classificaram-se entre os mais estáveis e nenhum de seus membros entre os 25% piores.

Os resultados do estudo 2 mostraram um panorama diferente aos dos estudo 1. Quanto ao componente tempo de antecipação (escore de tempo), o grupo profissional obteve o pior dos desempenhos relativos aos grupos, apenas 12% dos seus integrantes ocuparam as melhores posições na classificação geral e 24% as piores performances. O grupo amador intermediário obteve o melhor desempenho nesse critério. Esses padrões se repetiram em relação aos outros componentes.

No estudo 1, ao se comparar os componentes (tempo de antecipação, acurácia e estabilidade) do desempenho tendo a classificação geral como parâmetro tem-se que apenas para a

variável que se refere a estabilidade das respostas não houve diferença estatisticamente significativa entre os classificados abaixo do primeiro e acima do terceiro quartil da amostra.

Para o estudo 2, houve diferença estatisticamente significativa nos três componentes referentes às mesmas classificações entre os tenistas da amostra.

Em relação ao comportamento durante o jogo, não houve muitas diferenças na adaptação ao sistema entre as categorias. No estudo 1, todas as categorias de tenistas melhoraram seus desempenhos em relação ao tempo de antecipação (escore de tempo) com o decorrer da avaliação. Em relação à precisão (acurácia), os profissionais tiveram maior regularidade em seus resultados. No estudo 2, houve uma melhor adaptação dos profissionais à avaliação dos componentes tempo de antecipação (escore de tempo) e acurácia. Houve um visível aumento nos desempenhos dos resultados dessa categoria em relação às outras duas com o decorrer dos três períodos de avaliação.

A análise por quartil da classificação geral trouxe a possibilidade de averiguar uma efetiva comparação entre as categorias. Nos dois estudos, os tenistas profissionais obtiveram maior estabilidade em suas respostas. Porém, no estudo 1, os profissionais equivaleram-se aos amadores iniciantes no que se refere ao tempo de antecipação e obtiveram desempenho inferior aos amadores intermediários. Nesse mesmo caso (estudo 1), sob o prisma das componentes acurácia, não houve diferença estatisticamente significativa entre as categorias.

No estudo 2, novamente os tenistas amadores intermediários obtiveram melhores desempenhos em relação ao componente tempo de antecipação e desta vez também nas precisões das respostas, a acurácia. Resultados semelhantes aos de Neumann e Thomas (2011) que compararam golfistas novatos e experientes e após um experimento que envolveu VFC e instruções envolvendo a atenção do testando, verificaram que atletas de diferentes categorias diferiram em seu desempenho e foco ao executar uma tarefa motora.

Ponto comum entre pesquisadores é a consistência comum em relação ao tempo de reação visual entre profissionais e amadores. Peter McLeod, neurocientista e psicólogo da *Oxford University*, comparou jogadores amadores e profissionais de Críquete. Segundo McLeod (1987), um jogador profissional é apenas cinquenta milissegundos mais rápido que um amador. O

autor afirmou que os jogadores profissionais utilizam essas frações de tempo para a identificação da bola e para a preparação do golpe a ser realizado. O autor sugeriu que essa habilidade está na forma como os profissionais utilizam as informações visuais e não no tempo gasto para obterem essas informações.

Estudos envolvendo o críquete sugerem a possibilidade de que os mais hábeis rebatedores compilam informações de um período de um segundo do desfecho do lançador (Leher, 2009) e que profissionais conseguem prever parâmetros da trajetória da bola melhor que o acaso (Abertnethy & Russel, 1984). Mesmo sendo modalidades esportivas diferentes, o movimento de saque no tênis assemelha-se ao movimento de lançamento da bola no críquete do ponto de vista do rebatedor (críquete) ou recebedor (tênis). Na presente pesquisa, obteve-se o tempo de 261,01 milissegundos como média na antecipação ao desfecho do saque (TG) para os melhores 25% da amostra e um atraso de 30,174 milissegundos para os piores 25% da classificação geral. Informação que não contrapõe às informações do autor anterior (Peter McLeod), já que a compilação da informação é anterior à ação. Os resultados da presente pesquisa ajuda a complementá-la, somando-lhe a precisão da mensuração.

Kida & Matsumura (2005) mediram a “velocidade” de resposta em testes de reação simples em jogadores profissionais e amadores de beisebol. Afirmaram que profissionais não eram mais velozes que amadores ou até mesmo pessoas não atletas. Ambos responderam ao teste na faixa de tempo de 200 milissegundos. Concluíram que o tempo de reação simples não é um prognóstico preciso de experiência, desempenho ou até sucesso no esporte. Para os autores, o que distingue profissionais de amadores é o que fazem após a reação visual.

Wan et al. (2011) pesquisaram as capacidades cognitivas de jogadores profissionais e amadores em uma variação de um jogo virtual de shogi (jogo de tabuleiro semelhante ao xadrez). Utilizaram imagens de ressonância magnética de vinte e dois jogadores de cada categoria e encontraram que os profissionais ativavam o lobo parietal (*precunens*) durante a percepção dos padrões das peças no tabuleiro e o núcleo caudado do gânglio basal durante as rápidas e melhores escolhas dos seus movimentos. Essa região do cérebro é responsável pela formação e execução de hábitos e pela associação estímulo-resposta. Segundo os autores, as melhores escolhas eram tomadas de forma

rápida, automática e “intuitiva” pelos profissionais. Os autores sugeriram que o acúmulo de experiência dos profissionais que treinavam shogi de três a quatro horas diárias por vários anos faziam com que tivessem a capacidade de recrutarem as regiões do *precumens* posterior e do núcleo caudado do cérebro nas melhores decisões rápidas.

No presente estudo, comparando as categorias em relação aos índices de VFC (filtro *medium*) na linha de base (tenistas profissionais com médiaRR= 782,54 ms, amadores intermediários com médiaRR= 772,52 ms e amadores iniciantes com médiaRR= 667,54 ms) e durante a avaliação cognitiva (tenistas profissionais com médiaRR= 813,9 ms, amadores intermediários com médiaRR= 786,97 ms e amadores iniciantes com médiaRR= 686,77 ms) observa-se que os tenistas profissionais possuem uma frequência cardíaca média menor que a dos amadores.

Em uma análise das tabelas 17, 18, 19, 33, 34 e 35 visualizam-se poucos padrões de comportamento dos índices da VFC relacionados à mudança do repouso (LB) à avaliação cognitiva quando se compara os tenistas por categorias. Um desses padrões foi o acréscimo geral dos índices de VFC durante a execução da avaliação cognitiva no estudo 2 comparado aos mesmos índices advindos da linha de base. Fato não ocorrido no estudo 1, com exceção dos valores relativos à categoria profissional no estudo 2, observou-se que todas as outras categorias de tenistas tiveram um decréscimo dos valores de frequência cardíaca durante o período da execução da avaliação cognitiva em relação à LB. Embora seja apenas um parâmetro, esses dados indicam que os tenistas de forma geral, “relaxaram” fisicamente durante os minutos de realização da tarefa cognitiva comparando-se ao período anterior a mesma (LB). Os resultados também mostraram que os melhores desempenhos foram associados às menores mudanças relativas a esses dois períodos da avaliação (tabelas 17 e 33).

- Comportamento dos índices de VFC e do desempenho na avaliação:

Em relação à acurácia e ao tempo de antecipação, com exceção dos índices relacionados à LF e LF/HF, observou-se que os melhores classificados possuem menores mudanças nos índices de VFC com o evento da avaliação cognitiva. Nos 25%

dos melhores classificados, a execução da tarefa não afetou tanto esses índices quando comparados à LB. Por exemplo, considerando rpNN50 (filtro *médium*), os piores classificados tiveram um acréscimo de 29,3% nesse índice no momento da execução da tarefa em relação à LB, enquanto que os melhores classificados um decréscimo em torno de 5,8% desse valor relativo. Apenas os valores relativos à estabilidade se mostraram contrários a essa tendência, porém, sem consistência no que se refere à classificação geral entre grupos.

Para o estudo 2, o comportamento das variáveis relativas aos índices de VFC foi similar ao do estudo 1. Sendo que para alguns índices essas variações entre os melhores e piores classificados foram mais agudas. Para o índice pNN50, por exemplo, os piores classificados tiveram um valor médio em relação ao desempenho do componente cognitivo tempo de antecipação de 30,14%, enquanto os melhores de 5,01%. Valores mensurados diretamente e não relativos à LB.

É possível que essas maiores diferenças relacionadas à VFC entre os estudos, sejam devidas às maiores dificuldades (leitura de golpe) encontradas no estudo 2 que foram reveladas pelos valores absolutos dos próprios índices de desempenho na tarefa de tomada de decisão (tabela 39).

Em geral, considerando os dois estudos, quanto aos valores relativos à acurácia e ao tempo de antecipação (escore de tempo), com exceção dos índices LF, os melhores resultados estão relacionados a valores mais baixos dos índices de VFC. Fato que ocorre de maneira inversa aos valores relativos à estabilidade. Os valores mostrados nos resultados da pesquisa indicam uma correlação média/moderada (Shrout & Fleiss, 1979) negativa entre a variação dos índices de VFC e às variações nos valores dos componentes do desempenho. Embora a grande maioria das correlações entre esses dois componentes (fisiológico e cognitivo) tenha sido considerada fraca (Shrout & Fleiss, 1979), pequenas mudanças entre o estado de repouso inicial e o momento de execução da avaliação cognitiva detectadas pelos índices rpNN12, rpNN10 e rpNN22 correlacionaram-se (negativamente) com o desempenho na tarefa de tomada de decisão.

Resultado contrário ao que encontrou Teixeira (2008) que avaliou o processo de decidir de um enxadrista utilizando os registros da VFC. O pesquisador concluiu que o melhor

desempenho das funções executivas foi relacionado aos maiores índices de VFC. Durante a avaliação, o pesquisador relatou que o enxadrista demonstrou maior VFC do que no nível de repouso e que os aumentos isolados da frequência cardíaca mostraram-se indicadores negativos de tomada de decisão durante a avaliação cognitiva. O autor sugeriu que o comportamento cardíaco pudesse ser utilizado na previsibilidade das tomadas de decisões. Deve-se considerar a diferença entre as pesquisas. O enxadrista tinha disponível um relativo tempo para tomar decisões, caso contrário aos exigidos na presente pesquisa.

Monte et al. (2011) encontraram uma correlação forte e negativa ($r = -0,96$) entre o componente LH/HF da VFC e o desempenho de um teste de reação visual simples em que a tarefa de dirigir um automóvel por sete horas atuou como fator interveniente. Resultado que se alinha aos do presente estudo. Quanto menor o tempo de reação do motorista maior o valor de LF/HF. O desvio padrão desses tempos de reação (estabilidade) também seguiu a mesma característica. Embora tenha sido uma pesquisa que envolveu o desempenho do avaliado em um teste de tempo de reação simples, sem escolhas, o processo decisório exigiu rapidez nas respostas, o que se assemelha a presente pesquisa.

Luft et al. (2009) avaliaram a VFC em trinta atletas (sete mulheres) em uma bateria cognitiva (Cogstate) antes e após exercício físico. Observaram que houve significativas mudanças nos índices de VFC ao submeterem os atletas a essa tarefa. Os resultados indicaram que nas tarefas cognitivas executivas os atletas apresentavam aumento na modulação parassimpática evidenciado por reduções na razão LF/HF e incremento no SDNN. Observou que reduções no índice LF/HF relacionavam-se a um melhor desempenho nas tarefas executivas após o esforço físico máximo. Os autores também informaram que a ativação da modulação simpática está relacionada com rápidos tempos de reação. Encontraram na condição de pré-teste, uma associação de baixos índices de SDNN com tarefas com fortes demandas de atenção. Anteriores à pesquisa mencionada, outros autores já haviam relatado essa redução de VFC com tarefas que envolviam atenção (Porges & Raskin, 1969; Porges, 1972; Backs, Ryan & Wilson, 1994).

Luft et al. (2009) relataram associação entre maiores índices de HF(nu) e menores LF(nu) com menores erros de

antecipação. Também para Di Fronso et al. (2012) que monitoraram por dez minutos, sete jogadores amadores de basquetebol da liga italiana de basquete, os resultados indicaram que valores elevados de HF durante a manhã que antecedeu a competição foram associados aos melhores desempenhos esportivos. Resultados que reafirmam a teoria de que a inibição é uma tarefa do córtex pré-frontal (Garavan et al., 2000; Thayer & Brosschot, 2005; Thayer & Lane, 2009).

O índice LF/HF merece consideração especial quando se trata de experimentos que envolvem a atenção. Seus valores caracterizam o predomínio de atividade simpática e é esperado que durante tarefas que envolvam as funções executivas o valor desta razão seja baixo (Luft, Takase & Darby, 2009). Estudos de Luft, Takase & Darby (2009), encontraram menor ativação em relação à LB do LF/HF tanto na situação de pré quanto de pós-esforço. Laborde et al. (2011) pesquisaram os traços de inteligência emocional em trinta atletas de handebol e encontraram um aumento no índice LF/HF em todos os participantes durante a manipulação emocional proposta. Relacionaram esse aumento de dominância do sistema nervoso simpático ao estresse. Para os autores, os testes realizados foram estressantes para os avaliados. Fujimura & Okanoya (2012) indicaram os índices de RMSSD como bons preditores da flexibilidade emocional. Bertollo et al. (2013) também afirmaram que a atenção e o estresse estão associados a um incremento da ativação simpática. Fato aparentemente ocorrido na presente pesquisa, porém não manifestados pelos mesmos índices relatados pelos referidos autores.

Casado et al. (2013) também verificou que maiores índices de VFC estão relacionados com maiores desempenhos cognitivos. Os autores compararam o desempenho cognitivo (vigilância psicomotora, visuoespacial e de discriminação) com índices de VFC de pessoas ativas fisicamente com pessoas sedentárias. Hansen Johnsen & Thayer (2003) por meio de medições do índice rMSSD relataram que quanto maior a VFC melhor o desempenho em tarefas executivas.

Hansen et al. (2004) investigaram a associação entre aptidão física, VFC e funções cognitivas por meio do componente de domínio de frequência da VFC. Embora não tenham apresentado os valores das correlações entre as variáveis, relataram que o grupo com maior aptidão física possuía maiores

valores de HF e melhores desempenhos em testes de tarefas executivas. Também Informaram que em tarefas de tempo de reação simples que, portanto, não envolviam funções executivas, atletas com baixos índices de VFC obtiveram os melhores desempenhos. Wang, Yang & Ding (2005) também correlacionou rápidos tempos de reação simples a altos índices de LF.

Hatfield, Landrs & Ray (1987) pesquisando em atletas de tiro e Salazar et al. (1990) em arqueiros, também encontraram aumentos da frequência cardíaca nos momentos da realização de movimentos específicos dos atletas nesses esportes de precisão. No presente estudo, assim como nas pesquisas de Hansen et al. (2004) e Wang, Yang & Ding (2005), as correlações negativas apontam para uma tendência de um melhor desempenho na tarefa de tomada de decisão associado a uma relativa ativação do sistema nervoso simpático do tenista. Informações que podem ser relevantes para o treinamento de alto nível.

26 CONCLUSÕES

No geral, os resultados do presente estudo apontaram para correlações entre os melhores desempenhos na tarefa de tomada de decisão e acréscimos no tônus simpático do tenista. Aumento relativo à situação anterior de repouso. No entanto, foram os pequenos aumentos que propiciaram os maiores efeitos, uma vez que índices tradicionais de VFC foram pouco sensíveis ao contexto pesquisado. Devido a isso, recorreu-se a opções de cálculos alternativos que por sua vez, proporcionaram melhores resultados (família pNNx).

A partir dos índices das correlações encontradas é possível desenvolver um sistema para predições de respostas. Também, a partir dessas informações, pode-se desenvolver um sistema de *feedback* para treinar o tenista a identificar e permanecer nas condições ideais de tomadas de decisões. Segundo Bertollo et al. (2013), os atletas podem fazer uso de estratégias centradas na ação e na emoção para alterar o seus níveis de desempenhos.

Expor os valores das correlações entre os índices de VFC e o desempenho na tarefa de tomada de decisão foi o objetivo principal do projeto. Porém, a utilização da LB como referência atuante nesses cálculos talvez seja a maior contribuição dessa pesquisa. Atitude que trouxe ao projeto a possibilidade de observar as características de mudanças de comportamento que ocorrem durante a exceção da tarefa. Muitas pesquisas utilizam o período de linha de base apenas para a estabilização dos intervalos R-R (Task force, 1996; Paiva et al., 2012). Utilizar efetivamente os dados de VFC adquiridos na LB como referência de mudança nos índices de VFC trouxe resultados funcionais ao presente projeto.

No estudo 2, houve uma mudança proposital nas características da pesquisa com a inclusão de LB individuais anteriores à avaliação. Mudança motivada pelos resultados preliminares obtidos pelo estudo 1. Procurava-se por valores relativos a essas mudanças advindas da execução da avaliação. No estudo 2, os valores das correlações relativas às LB imediatamente anteriores à execução da tarefa foram maiores que os valores da tradicional com LB única e inicial à avaliação cognitiva. Essa mudança somada à procura por índices mais sensíveis que os utilizados usualmente por pesquisadores

proporcionaram resultados mais consistentes à pesquisa. Os índices que foram utilizados nessa pesquisa são contadores, componentes que envolvem cálculos extremamente simples e que por isso, podem propiciar vantagens no momento de preparo de algoritmos, por exemplo.

O sistema desenvolvido também pode ser utilizado como ferramenta de treinamento a fim de acrescentar experiência em leitura antecipada de elementos básicos do jogo de tênis. Considerando-se que a intuição inteligente é resultado de uma prática deliberada (treinamento), o sistema proposto pode servir como instrumento nesse processo. Sua aplicação rotineira pode auxiliar os tenistas a adquirir experiência no que se refere às leituras de golpes e seu uso repetitivo pode ajudar a criar hábitos. O treinamento em alguns jogos de *videogames* tem mostrado melhora da capacidade de atenção (foco interno e externo), das estratégias de aprendizagem, do controle da ansiedade entre outras habilidades cognitivas e emocionais (Takase, 2005). Green & Bavelier (2003) relataram melhoras na atenção visual em jogadores novatos utilizando *videogame* após apenas dez dias de treinamento.

Com o sistema, o tenista poderá realizar um exercício contínuo de aprimoramento da leitura e execução dos próprios golpes. O próprio *software* do sistema é capaz de proporcionar o *feedback* dos golpes que foram mais fáceis e difíceis de serem lidos após uma sequência de execuções da avaliação cognitiva. A partir dessas informações, o tenista e seu técnico poderão analisar o próprio filme para correções de gestos, quando necessário. A utilização de imagens de tenistas famosos também pode servir como fator motivador (Rosemberg, Baughman & Bailerson , 2013).

Apesar da simplicidade, essa possibilidade pode ser algo novo no ambiente de treinamento atual. Durante a coleta, constatou-se que nenhum dos tenistas que participaram da avaliação havia tido a oportunidade de observar os seus próprios golpes na situação do seu oponente. Aliás, o treinamento de recepção ou da simulação dessa recepção de saques é algo raro nos treinamentos, embora seja um dos eventos mais importantes num jogo de tênis.

Um exemplo de sucesso de simulações é o da indústria da aviação que incorporou o uso de simuladores de voo no treinamento de pilotos. Atitude que revolucionou esse

treinamento e diminuiu o número de acidentes aéreos. Os simuladores fazem com que os pilotos apreendam com os erros, preparando os seus cérebros para lidar com antecedência para situações desfavoráveis. Aprende-se com o erro. No processo humano de tomada de decisão, perdas impressionam mais que ganhos. O cérebro humano é projetado para amplificar o choque das previsões erradas. Poucas coisas tornam uma pessoa mais atenta do que a surpresa, portanto, acumula-se conhecimento por meio de erros (Leher, 2009).

Hoje em dia, a carreira de um tenista profissional é bastante árdua. Para se obter êxito é necessário uma dedicação exclusiva ao esporte. A concorrência é acirrada. No circuito profissional, constata-se que muitos tenistas têm dificuldade de passar certo ponto no *ranking*, há um bloqueio. Numa entrevista em meados de 2013, o tenista suíço Roger Federer mencionou que durante a partida de tênis, o tenista busca por meios de superar ao rival. Afirmação com ênfase à demanda dos aspectos cognitivos que o jogo exige. Em alto nível, apenas jogar não é o bastante para ser eficiente.

Tenistas que treinam profissionalmente possuem técnica, tática de jogo e condicionamentos físicos mais aprimorados que os amadores, porém, pelos resultados dessa pesquisa, não mostraram a mesma supremacia em relação ao desempenho na tarefa de tomada de decisão. No período da aplicação dessa pesquisa ficou evidenciada a falta de planejamento e de comprometimento com o aprimoramento desse quesito na prática diária de treinamentos.

Nos dias atuais, os métodos de treinamento de tenistas profissionais e amadores parecem negligenciar o potencial cognitivo do atleta. Treinam-se demasiadamente os aspectos físico, táticos e técnicos dos tenistas. Nessa lacuna, pretende-se que as informações e o instrumento concebidos nessa pesquisa possam servir como ferramentas de um novo método de treinamento e avaliação do potencial cognitivo de tenistas.

27 SUGESTÕES

- 1 A utilização do sistema em outras modalidades esportivas. Assim como o tênis, todos esportes velozes necessitam instrumentação específica para treinamento, avaliação e para a procura de talentos naturais;
- 2 O uso do sistema para treinamento rotineiro de apenas um atleta para que se possa obter a “assinatura” dos seus índices de VFC em relação ao desempenho nas tomadas de decisões. As avaliações pessoais podem ser de grande valia para a compreensão do processo individual de aprendizagem em relação à execução da tarefa (Cowley, Ravaja & Heikura, 2012). Comparar as melhores e as piores performances individuais (intra-sujeitos) foram objetivos de vários pesquisadores (Kontinen, Lyytinen & Viitasalo, 1998; Tremayne & Barry, 2001; Guillot et al., 2003). Atualmente, alguns pesquisadores têm feito uso da idiosincrasia e da probabilidade para encontrar a zona ótima de desempenho individual. Bertollo et al. (2013) enfatizaram a importância de ajudar atletas a identificar suas zonas individuais de melhor (ótimo) desempenho (Hanin, 2007; Kamata, Tenenbaum & Hanin, 2002);
- 3 A criação de um banco de dados dos resultados do sistema. Talvez, um banco de casos para que se possa desenvolver um sistema aos moldes dos *softwares* que lidam com processos decisórios baseados em casos similares (Wangenhein & Wangenheim, 2003);
- 4 A adaptação do sistema a outras decisões que não as esportivas, por exemplo: situações específicas no trânsito de automóveis;
- 5 O uso simultâneo de equipamentos como os de estimulação elétrica cerebral não invasiva sobre a área transcranial para a modulação do SNA, da percepção sensorial do esforço e do desempenho, similar à aplicada em dez ciclistas por Okano et al. (2013). Pesquisadores que também utilizaram os índices de VFC para monitorar o SNA;
- 6 Adaptações ao sistema de instrumentação para análise de outros índices de VFC como, por exemplo, as variações dos intervalos QT, semelhante ao relatado na pesquisa de Petry (2006), o que poderá acrescentar informações relevantes à mesma causa;
- 7 A utilização de métodos mais práticos para a aquisição dos índices de VFC também é recomendada. Semelhante a Choi et al.

(2009) que construíram um protótipo dedicado a detectar estresse mental pela monitoração da VFC, também é o caso de Kwon, Kim & Park (2012) que propuseram o uso de uma câmera do *smartphone* com esse objetivo. Nirjon et al. (2012) desenvolveram também para esse fim, um protótipo junto a um fone de ouvido (*smartphone*);

- 8 Comparações dos índices de VFC em momentos de tomadas de decisões aos índices de estados de *Flow* (Kimiecik & Jackson, 2002) como por exemplo, os obtidos na pesquisa de Krygier et al. (2013) ou aos de coerência cardíaca (McCraty, R. & Tomasino, 2004).

REFERÊNCIAS

- Acharya, U.R., Joseph, K.P., Kannathal, N., Choo, M.L. & Suri, J.S. (2006). Heart rate variability: a review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 44 (12), 1031-1051.
- Achten, J. & Jeukendrup, A.E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.*, 33 (7), 517-538.
- Abertnethy, B., Russel, D. G. (1984). Advance Cue Utilisation by Skilled Cricket Bastmen. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 16, 2-10.
- Ahs, F., Sollers, J.J., Furmak, T., Fredikson, M. & Thayer, J.F. (2009). High-frequency heart rate variability and corticostriatal activity in men and women with social phobia. *NeuroImage*, 47, 815-820.
- Albonizio, A.C.T., Almeida, C.P., Santos, J.S.P., Moreno, A.B., Mastellini, E, Moreno, B.G.D., Benati, L.N. & Vanderlei, L.C.M. (2010). Variabilidade da frequência cardíaca, intensidade da dor e capacidade funcional em indivíduos com dor crônica praticantes de atividade física. *Ommia Saúde*, 7 (1), 1-10.
- Alchieri, J.C. (2003). Produção científica brasileira em neuropsicologia: análise de artigos publicados de 1930 a 1999. *PSIC: Revista de Psicologia da Vetor*, 4 (1), 6-13.
- Andrade, F.D. & Ogliari, P.J. (2007). *Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação*. Editora da UFSC, Florianópolis.
- Aubert, A.E., Seps, B. & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Med.*, 33 (12), 889-919.
- Armstrong, R.G., Kenny, G.P., Gren, G. & Seely, J.E. (2011). Diurnal variation in heart rate variability before and after

maximal exercise testing. *Chronobiology international*, 28 (4), 344-351.

- Ayan, S.J. (2005). *Pensamento e ação sincronizados*. Viver Mente & Cérebro.
- Bachs R. W., Ryan, A.M. & Wilson, C.F. (1994). Psychophysiological measures of workload during continuous manual performance. *Human Factors*, 36 (3), 514-531.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Neuroscience*, 4, 829-839.
- Barra Filho, M.G. & Miranda, R. (1998). Aspectos psicológicos do esporte competitivo. *Revista Treinamento Desportivo*, 3 (3), 2-72.
- Barros, V.C.V. & Brito, M.R. (1998). Variabilidade da Frequência Cardíaca. *Revistas Hospital Socor.*, 5 (1), 1-7.
- Bartolo, T.L. & Soares, A.J. (2006). A transformação do tênis em fenômeno midiático no Brasil a partir de Guga. *Esporte e Sociedade*, 2, 1-17.
- Bechara, A., Damasio, H. & Damasio, A. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295-307.
- Bechara, A. & Damasio, H. (2002). Decision-making and addiction (part I): impaired activation of somatic states in substance dependent individual when pondering decisions with negative future consequences. *Neuropsychologia*, 40, 1675-1689.
- Bernston, J. B. G., Eckberg, D., Grossman, P., Kaufmann, P., Malik, M., Nagaraja, H., Porges, S., Saul, J., Stone, P. & Molen, M.V.D. (1997). Heart rate variability: Origins, methods and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34, 623-646.

- Bertollo, M., Bortoli, L., Gramaccioni, G., Hanin, Y., Comani, S. & Robazza, C. (2013). Behavioral and Psychophysiological correlates of athletic performance: a test of the multi-action plan model. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 38, 91-99.
- Bigger, J.T. jr, Kleiger, R.E. Fleiss, J.L., Rolnitzky, L.M., Steinman, R.C. & Miller, J.P. (1988). Components of heart rate pNNx variability measured during healing of acute myocardial infarction. *Am J. Cardiol*, 61, 208-223.
- Boone, C. E. & Kurtz, D. L. (1998). *Marketing contemporâneo*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Brandão, M.L. (2004). *As Bases Biológicas do Comportamento Humano: Introdução à Neurociência*. São Paulo: Editora EPU.
- Bricout, V.A., DeChenaud, S. & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. *Utonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 154, 112-116.
- Brennan, M., Palaniswani & M., Kamen, P. (2001). Do existing measures of Pointcaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 48, 11, 1342-1347.
- Buccelletti, F., Bocci, M.G., Gilardi, E. Fiore, V. Calcinaro, S. Fragnoli, C., Maviglia, R. & Franceschi, F. (2012). Linear and nonlinear heart rate variability indexes in clinical practice. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Artigo: ID 219080, 5 pg.
- Buchanan, T.W. (2010) Medial prefrontal cortex damage affects physiological and psychological stress responses differently in men and women. *Psychoneuroendocrinology*, 35 (1), 56-66.

- Buelow, M.T.& Suhr, J.A. (2009). The construct validity of the Iowa gambling task *Neuropsychology Review*, 19, 102-114.
- Burin, D.I., Drake, M.A, Harris,P.(org). (2007). *Evaluación neuropsicológica en Adultos*. Buenos Aires: Paidós.
- Buriti, M.A. (1997). *Psicologia do Esporte*. Ed. Alínea.
- Caldeira, M. (2011). Desempenho cognitivo e variabilidade da frequência cardíaca de tenistas profissionais. *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Campbell, D. T. & Stanley, J. C. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. *Handbook of research on teaching*. Chicago, IL: Rand McNally, 171–246.
- Capa, R.I., Cleeremans, A., Bustin, G.M. & Hansenne, M. (2011). Ong-lasting effect of sub-liminal processes on cardiovascular responsesand performance. *International Journa of Psychophysiology*, 81, 22-30.
- Capovilla, A.G.S., Assef, E.C.S. & Cozza, H.F.P. (2007). Avaliação Neuropsicológica das Funções Executivas e Relação com Desatenção e Hiperatividade. *Avaliação Psicológica*, 6 (1), 51-60.
- Carvalho, J.L.A., Araújo, O.S., Rocha, A.F, Nascimento, F.A.O. & Souza Neto, J. (2001). *Avaliação de métodos de interpolação do sinal de variabilidade da frequência cardíaca*. Universidade de Brasília, Brasília.
- Carvalho, J.C.N., Cardoso, C.O., , F. G., Neves, F. S., Menezes, G. L., Moraes, P. H. P., Mattos, P., Fuentes, D., Corrêa, H. & Malloy-Diniz L.M. (2010). Avaliação neuropsicológica do processo de tomada de decisões em crianças e adolescentes: uma revisão integrativa da literatura. *Revista de Psiquiatria Clínica*. 38 (3), 106-115.

- Carvalho, T.D., Pastre, C.N., Rossi, R.C., Abreu, L.C., Valenti, V.E. & Vanderlei, L.C.M. (2011). Índices geométricos de variabilidade da frequência cardíaca na doença pulmonar obstrutiva crônica. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 17, 260-265.
- Carvalho, J.C., Cardoso, C.O., Cotrena, C. Bakos, D.D.G.S., Kristensen, C.H. & Fonseca, R.P. (2012). Tomada de decisão e outras funções executivas: um estudo correlacional. *Ciência & Cognição*, 17 (1), 94-104.
- Casado A. L., Zabala M., Morales, E., March-Mateo, M. & Sanabria, D. (2013). Cognitive performance and heart rate variability: the influence of fitness level. *Plos One* 8(2), e56935, doi:10.1371/journal.pone.0056935.
- Chan, R.C.K., Shum, D., Touloupoulou, T. & Chen, E.Y.H. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23 (2), 201-216.
- Choi, J & Gutierrez-Osuna, R. (2009). Using heart rate monitors to detect mental stress. *Body Sensor Networks*, 60^a International Workshop, IEEE, 219-223.
- Coolican, H. (2004). *Research Methods and Statistics in Psychology*. London: Bookpoint Ltda.
- Costa, M.P., Silva, N.T., Azevedo, F.M. & Vanderlei, L.C.M. (2011). Comparação do monitor polar RS800 com o polar S810i e o ECG para obtenção da série RR e análise da variabilidade da frequência cardíaca em repouso. *Colloquim Vitae*, 3(1), 22-28.
- Cowley, B., Ravaja, N. & Heikura, T. (2012). Cardiovascular physiology predicts learning effects in a serious fame activity. *Computs & Educations*, 60, 299-309.
- Cozby, P. C.(2011). *Métodos de Pesquisa em Ciências do Comportamento*. (P.I.C Gomide, E. Otta & J.D. O. Siqueira, Trans). São Paulo: Atlas.

- Damásio, A. (1996). *O Erro de Descartes: Emoção, Razão e o Cérebro Humano*. Companhia das Letras. São Paulo.
- Dancey, C. P. & Reidy, J. (2004). *Statistics without maths for Psychology*. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- Di Fronso, S., Delia, G., Robazza, C. , Bortoli, L. & Bertollo, M. (2012). Relationship between performance and heart rate variability in amateur basketball players during playoffs. *Sport Sci. Health*, 8, 45-50.
- Emerson, C.S., Mollet, G.A. & Harrison, D.W. (2005). *Anxious-depression in boys: an evaluation of executive functioning*. Archives of Clinical Neuropsychology.
- Ernst, M. & Paulus, M.P. (2005). *Neurobiology of decision making: a selective review from a neurocognitive and clinical perspective*. Society of Biological Psychiatry.
- Ewing D.J., Neilson, J.M.M. & Travis, P. (1984). New method for assessing cardiac parasympathetic activity using 24 hour electrocardiograma. *Br Herta J*, 52, 396-402.
- Ewing, D.J., Martin, C.N., Young, R.J. & Clarke, B.F. (1985). The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience in diabetes. *Diabetic Care*, 8, 491-8.
- Fairclough, S. H., Venables, L., & Tattersall, A. (2005). The influence of task demand and learning on the psychophysiological response. *International Journal of Psychophysiology*, 56 (2), 171-184.
- Fairclough, S. H., Venables, L., & Tattersall, A. J. (2005). The use of autonomic measures for biocybernetic adaptation. *Psychophysiology*, 42 (25), 171-184.
- Fontes, M.A. (2011). *Você sabe que são as funções executivas?* <<http://www.plenamente.com.br/artigo.php?FhIdArtigo=110>>. Acessado em 17/04/2011.

- Fujimura, T. & Okanoya, K. (2012). Heart rate variability predicts emotional flexibility in response to positive stimuli. *Psychology*, 3 (8), 578-582.
- Galton, F. (1899). On Instruments for Testing Perceptions of Differences of Tint and for Determining Reaction Time. *Journal of the Anthropological Institute*, 19: 27-29.
- Gamelin, F.X., Berthoin, S. & Bosquet, L. (2006). Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure R-R Intervals at Rest. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38 (5), 887-893.
- Gamelin, F.X. , Bosquet, G., Berthoin, S. & Bosquet, L. (2008). Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure R-R Intervals in Children. *Int. J. Sports Med.*, 29(2), 134-138.
- Garavan, H., Ross, T.J., Li, S.J. & Stein, E.A. (2000) A parametric manipulation of central executive functioning. *Cerebral Cortex*. 10 (6), 585-592.
- Geisler, F.C.M., Kubiak, T., Siewert, K. & Weber, H. (2013) Cardiac vagal tone is associated with social engagement and self-regulation. *Biological Psychology*, 93, 279-286.
- Gil, A. C. (1991). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 3. ed. São Paulo: Atlas.
- Gilbert S.J. & Burgess P.W. (2008). Executive function. *Current Biology*, 18 (3), 110-114.
- Gladwell, M. (2005). *Blink: a decisão num piscar de olhos*. Rio de Janeiro: Rocco.
- Goldberg, E. (2002). *O Cérebro Executivo: lobos frontais e a mente civilizada*. Rio de Janeiro: Imago.
- Goodman, S., Hautler, A., Shin, J.K. & Hatfield, B. (2009). Regular and random components in aiming-point

- trajectory during rifle aiming and shooting. *Journal of Motor Behavior*, 41, 367-382.
- Goudriaan, A.E., Oosterlaan, J., De Beurs, E. & Van Den Brink, W. (2005). Decision making in pathological gambling: A comparison between pathological gamblers, alcohol dependents, persons with Tourette syndrome, and normal controls. *Cognitive Brain Research*, 23 (1), 137-151.
- Green, C.S. & Bavelier, D. (2003). Action videogame modifies visual selective attention. *Nature*, 423, 534-537.
- Green, E., Green, A. & Walters, E. (1999). Voluntary control of internal states: Psychological and physiological. *Journal of Transpersonal Psychology*, 2, 1-26.
- Guillot, A., Collet, C. Dittmar, A., Delhomme, G. Delemer, C. & Vernet-Maury, E. (2003). The physiological activation effect on performance in shooting: evaluation through neurovegetative indices. *Journal of Psychophysiology*, 17, 214-222.
- Guyton, A.C. (1993). *Fisiologia humana e mecanismos das doenças*. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro,
- Guzzetti, S., Signorini, M., Cogliati, C., Messetti, S., Porta, A., Ceruti, S. & Malliani, A. (1996). Non-linear dynamics and chaotic indices in heart rate variability of normal subjects and heart transplanted patients. *Cardiovasc. Res.*, 31, 441-445.
- Hanin, Y. L. (2007). Emotion in Sport. Currents issues and perspectives. *Handbook of Sport Psychology*, 31-58.
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., & Thayer, J. F. (2003). Vagal influence on working memory and attention. *Int J Psychophysiol*, 48(3), 263-274.
- Hansen, A.L., Johnsen, B.F., Sollers, J.J., Stenvik, K. & Thayer, J.F. (2004). Heart rate variability and its relation to

prefrontal cognitive function: the effects of training and detraining. *Eur J Appl Physiol*, 93, 263–272.

Hansen, A. L., Johnsen, B. H., Thornton, D., Waage, L., & Thayer, J. F. (2007). Facets of psychopathy, heart rate variability and cognitive function. *J Personal Disord*, 21(5), 568-582.

Hatfield, B. D., Landers, D.M. & Ray, W.J. (1987). Cardiovascular – CNS interactions during a self-paced, intentional attentive state. *Psychophysiology*, 24, 542-549.

Hatfield, B.D. & Kerick, S.E. (2007). The psychology of superior sport performance. A cognitive and affective neuroscience perspective. *Handbook of sport psychology*, 3 ed., 84-109.

Haufler, A. J., Spalding, T.W., Santa Maria, D.L. & Hatfield, B.D. (2000). Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. *Biological Psychology*, 53, 131-160.

Henry, B., Lowell, N. & Camacho, F. (2001). Nonlinear dynamics time series analysis. *Nonlinear Biomedical Signal Processing Dynamic Analysis and Modeling IEE Press*. 2, 1-39.

Hon, E.H. & Lee, S.T. (1965). Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death, further observations. *Am J Obstet Gynec*, 87, 814–26.

Izquierdo, I. (2002). *Memória*. Porto Alegre: ArtMed.

Jarrin, D. C., McGrath, J.J., Giovanniello, S., Poirier, P. & Lambert, M. (2012). Measurement fidelity of heart rate variability signal processing: the devil is in the details. *International Journal of Psychophysiology*, 86, 88-97.

Kamata, A., Tenenbaum, G. & Hanin, Y. L. (2002). Individual zone of optimal functioning (IZOF). A probabilistic

- estimation. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24, 189-208.
- Kida, N., Oda, S., Matsumura, M. (2005) Intensive Baseball Practice Improves The Go/No Go. Reaction Time, but Not the Simple Reaction Time. *Brain Res. Cogn.*, 22(2), 257-264.
- Kim, J.H., Yi, S.H., Ahn, Y.M., Lee, K.Y., Yang, S. A. & Kim, Y.S. (2009) The pNNx heart rate variability statistics: an application to neuroautonomic dysfunction of clozapine-treated subjects. *Official Journal of Korean Neuropsychiatric Association*, 6 (4), 294 -298.
- Kimiecik, J.C. & Jackson, S.A. (2002). Optimal experience in sport: a flow perspective. *Advances in sport psychology*. 2 ed. *Champaign: Human Kinetics*, 501-527.
- Kingsley, M., Lewis, M.J. & Marson, R.E. (2005). Comparison of Polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 39-44.
- Kolb, B. & Whishan, I. Q. (2002). *Neurociência do comportamento*. São Paulo: Manole.
- Kontinen, N. & Lyytinen, H. (1992). Psychology of preparation brainslow waves, heart rate, and respiration preceding triggering in rifle shooting. *International Journal of Sport Psychology*, 28, 110-127.
- Kontinen N., Lyytinen, H. & Viitasalo, J. (1998). Preparatory heart rate patterns in competitive rifle shooting. *Journal of Sports Sciences*, 16, 235-242.
- Kosinski, R. J. (2005). A Literature Review on Reaction Time. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68 (2), 132-148.

- Krygier, J. R., Heathers, J.A.J., Shahrestani, S., Abbott, M., Gross, J.J. & Kemp, A.H. (2013). Mindfulness meditation, well-being, and heart rate variability: a preliminary investigation into the impact intensive Vipassana meditation. *International Journal of Psychophysiology*, 89, 305-313.
- Kwon, S., Kim, H. & Park, K.S. (2012). Validation of heart rate extraction using video imaging on a built-in camera system of a smartphone. *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Annual International Conference of the IEEE*, 2174-2177.
- Laborde, S., Brüll, A., Webwer, J. & Anders, L.S. (2011). Trait emotional intelligence in sports: a protective role against through heart rate variability? *Personality and Individual Differences*, 51, 23-27.
- Lakatos, E. & Marconi, M. A. (1991). *Metodologia Científica*. São Paulo: Atlas.
- Laurent O, (2004). Diferença entre o foco de atenção interno e externo, frequência cardíaca e desempenho no primeiro saque de tênis em jogadores iniciantes, intermediários e avançados. *Dissertação de mestrado*. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Lawrence, N.S., Wooderson, S., Mataix-Cols, D., David, R., Speckens, A. & Phillips, M.L. (2006). Decision making and set shifting impairments are associated with distinct symptom dimensions in obsessive-compulsive disorder. *Neuropsychology*, 20 (4), 409-419.
- Leher, J. (2009). *How We Decide*. Houghton Mifflin.
- Lezak, M.D., Howieson, D.B. & Loring, D.W. (2004). Memory test, *Neuropsychological Assessment*. Oxford University Press. 414-479.
- Li, Z., Snieder, H., Su, S., Ding, X., Thayer, J.F., Treiber, F.A. & Wang, X. (2009). A longitudinal study in youth of heart

- rate variability at rest and in response to stress. *International Journal of Psychophysiology*, 73, 212-217.
- Libet, B. (2005). *Mind Time: The Temporal Factor in Consciousness*. Harvard University Press.
- Luft, C. D., Takase, E., & Darby, D. (2009). Heart rate variability and cognitive function: effects of physical effort. *Biol Psychol*, 82(2), 196-201.
- Luft, C. Di B., Takase, E., Gomes, J. S. & Priori, D. (2010). Avaliação neuropsicológica computadorizada: um instrumento para avaliar o desempenho cognitivo de atletas. *XIV Congresso Brasileiro de Psicologia do Esporte e VII Congresso Internacional*. Curitiba-PR.
- Luria, A.R., (1981). *Fundamentos de Neuropsicologia*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Mäder, M.J. (2001). *Avaliação neuropsicológica nas epilepsias: importância para o conhecimento do cérebro*. *Psicologia Ciência e Profissão*, 21 (1), 54-67.
- Magalhães, M.N. & Lima, A.C.P. (2010). *Noções de probabilidade e estatística*. 7ª edição, São Paulo: editora da Universidade de São Paulo.
- Mata, F. G., Neves, F. S., Menezes, G. L., Moraes, P. H. P., Mattos, P., Fuentes, D., Corrêa, H. & Malloy-Diniz L.M. (2010). Avaliação neuropsicológica do processo de tomada de decisões em crianças e adolescentes: uma revisão integrativa da literatura. *Revista de Psiquiatria Clínica*. 38 (3), 106-115.
- Matlin, M. W. (2004). *Psicologia Cognitiva*. 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC.
- Matos, F.O., Samulski, D.M., Lima, J.R.P. & Prado, L.S. (2012). Alterações nos estados de estresse e recuperação de jovens tenistas de alto rendimento após um mesociclo de

treinamentos. *Coleção Pesquisa em Educação Física*, 11 (4), 49-58.

Matos, J.B., Takase, E., Lopes, M. & Teixeira, K.C. (2012). O perfil cognitivo e o comportamento da variabilidade da frequência cardíaca em jogadores de futebol no período competitivo. *I Congresso Internacional de Psicologia do Esporte e do Exercício*. 70-80.

McCraty, R. & Tomasino, T. (2004). Heart Rhythm Coherence Feedback: A New Tool for Stress Reduction, Rehabilitation, and Performance Enhancement. *Proceedings of the First Baltic Forum on Neuronal Regulation and Biofeedback*, Riga, Latvia, November 2–5.

McDowell, I., Perry, D. B. (2011). *Following the Carrot: The Design of Biofeedback Games as a Tool for Student Focus & Attention*. Spring 2011 Final. Project.Schooll of Information, UC Berkeley. Extraído do site: http://www.ischool.berkeley.edu/files/student_projects/finalprojectpaper_ianmcdowell_danielperry.pdf em 28/05/2011

McLeod, P. (1987) Visual reaction Time and High-Speed Ball Games. *Perception*, 16 (1), 49-59.

Meersman, R.E & Stein, P.K. (2007). *Vagal modulation and aging*. *Biological Psychology*, 74 (2), 165-173.

Menezes, P.R., Simão, R., Marques-Neto, S.R., Fonseca, R.S., Rezende, A. & Maior, S.A. (2009). Esposta autonômica cardíaca e cardiorrespiratória em atletas de voleibol versus indivíduos treinados. *Rev. SOCERJ*, 22 (4), 235-242.

Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. & Wager, T.D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41 (1), 49-100.

- Mietus, J.E., Peng, C-K., Henry, I., Goldsmith, R.L. & Goldberger, A.L. (2002). The pNNx files: re-examining a widely used heart rate variability measure. *Heart*, 88, 378-380.
- Mietus, J.E., Peng, C-K., Henry, I., Goldsmith, R.L. & Goldberger, A.L. (2012). The pNNx heart rate variability metric: a generalization of pNN50 (pnnlist). *Physionet*. Acesso em novembro 1, 2013 em <http://physionet.org/physiotools/pNNx/>.
- Miller, K. & Wallis, J. (2009). Executive Functions and Higher-Order Cognition: Definition and Neural Substrates. L. Squire. *Encyclopedia of Neuroscience*, 4, 9 9-104.
- Monte, A.A.M., Passig, J., Takase, E. & Kuhnén, A. (2011). Ambientes restauradores no trânsito: variabilidade da frequência cardíaca e tempo de reação. *Revista de Ciências Humanas*, 45 (1), 101-116.
- Morout, L., Bouhaddi, M., Perrey, S., Cappelle, S., Henriët, M.T., Wolf, J.P., Rouillion, J.D. & Regnard, J. (2004). Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Pointcaré plot analysis. *Clin. Physiol. Imaging*, 24, 10-18.
- Neumann, D.L. & Thomas, P.R. (2011). Cardiac and respiratory activity and golf putting *performance* under attentional focus instructions . *Psychology of Sport and Exercise*, In Press, doi:10.1016.
- Niskanen, J.P., Tarvainen, M.P., Rantaa-aho, P.O. & Karjalainen, P.A. (2004) Software for advanced HRV analysis. *Comput Methods Programs Biomed*, 76, 73-81.
- Nirjon S, Dickerson R, Li Q, Asare P, Stankovic J, Hong D, Zhang B, Shen G, Jiang X & Zhao F. (2012). MusicalHeart: A Hearty Way of Listening to Music. *The 10th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems* (SenSys 2012).

- Nunes, M.O., Rubira, M.C., Franco, M.C. & Osório, A.L. (2007). Variabilidade da frequência cardíaca e sistema nervoso autônomo. *XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Americano de Pós-Graduação*. Universidade da Paraíba.
- Okano, A.H., Fontes, E.B., Montenegro, R.A., Farinati, P.T.V., Cyrino, E.S., Bikson, M. & Noakes, T.D. (2013). Brain stimulation modulates the autonomic nervous system, rating of perceived exertion and performance during maximal exercise. *Br. J. Sports Med.*, 1-7.
- Pagani, M., Montano, N., Porta, A., Malliani, A., Abboud, F., Birkett, C. (1997). Relationship between apectral components of cardiovascular variabilities and direct measures of muscle sympathetic nerve activity in human. *Circulation*, 95, 1441-1448.
- Paiva, V. C., Santana, K. R., Silva, B. M., Ramos, P., Santos, L., Moraes, J.C., Araújo, Gil, C. A. S., Ricardo, Rabelo, D. (2011). Comparação entre métodos de avaliação da modulação vagal cardíaca / Comparison of assessment methods of cardiac vagal modulation. *Arq. bras. cardiol.*, 97(6):493-501.
- Park, S. B., Lee, B.C. & Jeong, K.S. (2007). Standartized tests of heart rate variability of autonomic function tests in healthy Koreans. *International Journal of Neuroscience*, 117 (12), 1707-1717.
- Partnoy, F. (2013). *Como fazer a escolha certa: aprenda a gerenciar melhor seu tempo e tomar as melhores decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Paschoal, M., Volanti, V.M., Pires, C.S. & Fernandes, F.C. (2006). Variabilidade da Frequência Cardíaca em diferentes faixas etárias. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 10 (4), 43-419.

- Petry, D., Palodeto, V., Suzuki, D.O.H. & Marques, J.L.B. (2007). System for ECG Signals Variability Analysis: Heart Rate Variability and QT Interval Variability. *IFMBE Proceedings*, 14, 160-1163.
- Petry, D. (2006). Sistema para análise da variabilidade de sinais fisiológicos: aplicação em variabilidade da frequência cardíaca e intervalo QT. *Dissertação de mestrado*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (UFSC).
- Pimentel, A.S., Alves, E.S., Alvim, R.O., Nunes, R.T., Costa, C.M. & Lovisi, J.C. (2010). Polar S810 as an alternative resource to use of the electrocardiogram in the 4- second exercise teste. *Arq. Bras. Cardiol.*, 94(5), 580-584.
- Porges, S.W. & Raskin, D.C. (1969). Respiratory and heart rate components of attention. *Journal of Experimental Psychology*, 81 (3), 497-503.
- Porges, S.W. (1972). Heart rate variability and deceleration as indexes of reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, 92 (1), 103-110.
- Porges, S. W. (2011). *Polyvagal Theory*. W.W. Norton & Co.
- Quintana, D., Heathers, J. & Kemp, A. (2012) On the validity of using the Polar RS800 heart rate variability research. *European Journal of Applied Physiology*, 112 (4), 179-4180.
- Reimão, J. & Inocente, N. J. (2002). *Distúrbios do sono em trabalhadores em turnos e noturnos. Tópicos Seleccionados de Medicina do Sono*. São Paulo: Associação Paulista de Medicina.
- Reis, A.F., Bastos, B.G., Mesquita, E.T., Romêo, L.J.M. & Nóbrega, A.C.L. (1998). Disfunção parassimpática, variabilidade da frequência cardíaca e estimulação colinérgica após infarto agudo do miocárdio. *Arq. Bras. Cardiol.*, 70 (3), 193-199.

- Ribeiro, J.P. & Moraes Filho, R.S. (2005). Variabilidade da frequência cardíaca como instrumento de investigação do sistema nervoso autônomo. *Revista Brasileira de Hipertensão*, 12 (1), 14-20.
- Roca, M., Parr, A., Thompson, R., Woolgar, A., Torralva, T., Antoun, N., Manes, F. & Duncan, J. (2010). Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Brain Advance Access*, 133 (1), 234-247.
- Rodriguez-Colón, S.M., Bixler, E.O., Li, X., Vgontzas, A.N. & Liao, D. (2011). Obesity is associated with impaired cardiac autonomic modulation in children. *International Journal of Pediatric Obesity*, 6, 128-134.
- Román, S. & Savoia, M.G. (2003). *Pensamentos automáticos e ansiedade num grupo de jogadores de futebol de campo*. Psicologia: Teoria e Prática.
- Rose, S.P.R. (1981). *Bases biológicas do comportamento*. Brasília: Universidade de Brasília.
- Rosenberg, R.S., Baughman, S.L. & Bailenson, J.N. (2013). Virtual Superheroes: using superpowers in virtual reality to encourage prosocial behavior. *PLoS ONE*, 8,1.
- Rúdio, F.V. (2002). *Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica*. Petrópolis: Vozes.
- Russell, J. (1980). A circumplex model of affect. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 39, 1161-1178.
- Saboya, E., Franco, C.A. & Mattos, P. (2002). Relações entre processos cognitivos nas funções executivas. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 51 (2), 91-100.
- Salazar, W., Landers, D., Petruzzello, S., Hans, S., Crews, D. & Kubitz, K. (1990). Hemisphere asymmetric, cardiac response and performance in elite archers. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 61, 351-359.

- Samulski, D. (2002). *Psicologia do Esporte*. São Paulo: Editora Manole.
- Sandercock, G. (2007). Normative values, reliability and sample size estimates to heart rate variability. *Clinical Science*, 113 (3), 129-130.
- Séguin, J., Arseneault, L. & Tremblay, R. (2007). The contribution of “cool” and “hot” components of decision-making in adolescence: Implications for development psychopathology. *Cognitive Development*, 22 (4), 530-543.
- Seiler, S., Haugen, O. & Kuffel, E. (2007). Autonomic Recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1366-1373.
- Serapioni, M. (2000). Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. *Ciência e Saúde Coletiva*, 5 (1), 187-192.
- Sevy, S., Burdick, K.E., Visweswaraiiah, H., Abdelmessih, S., Lukin, M., Yechiam, E. & Bechara, A. (2007). Iowa Gambling Task in Schizophrenia: A Review and New Data in Patients with Schizophrenia and Co-Occurring Cannabis Use Disorders. *Schizophr Research*, 92 (1), 74–84.
- Shrout, P.E. & Fleiss, J.L. (1979). Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86, 420-428.
- Silva, B. S., Silva, B.S., Wich, R.B., Oliveira, J.L.M. & Almeida, M.B. (2012). Cardíofrequencímetro não substitui ECG no teste de 4 segundos em posição ortostática. *Rev. Bras. Cardiol.*, 25(5), 377-383.
- Sonderegger, A. & Sauer, J. (2012). The influence of laboratory set-up in usability tests effects on user performance,

- subjective ratings and physiological measures. *Ergonomics*, 52 (11), 1350-1361.
- Sternberg, R.J. (2000). *Psicologia Cognitiva*. Porto Alegre: Artmed.
- Stickel, C., Ebner, M., Steibach-Nordmann, S., Searle G. & Holzinger, A. (2009). *Universal Access in Human-Computer Interaction. Addressing Diversity Lecture Notes in Computer Science*, 5614, 615-624.
- Sztajzel, J. (2004). Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the automatic nervous system. *Swiss Med. Wkly*, 134, 514-522.
- Takase, E. (2005). Neurociência do esporte e do exercício. *Neurociências*, 2 (5), 1-7.
- Tarvainen, M.P. & Niskanen, J.P. (2008). Kubios HRV: version 2.0. User's Guide.
- Tarvainen, M.P., Niskanen, J.P., Lipponem, J.A., Rantha-aho, P.O. & Karjalainen, P.A. (2009). Kubios HRV – a software for advanced heart rate variability analysis. *ECIFMBE, IFMBE Proc*, 22, 1022-1025.
- Tarvainen, M.P., Niskanen, J.P., Lipponem, J.A., Rantha-aho, P.O. & Karjalainen, P.A. (2013). Kubios HRV – heart rate variability analysis software. *Comput Methods Biomed*, 363. Acesso em novembro 7, 2013, em <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.201307.024>
- Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology, Heart rate variability – standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. (1996). *Circulation*, 93 (5), 1043-1065.
- Thayer, J. F. & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of Affective Disorders*, 61 (3), 201-216.

- Thayer, J.F. & Brosschot, J.F. (2005) Psychosomatics and psychopathology: looking up and down from the brain. *Psychoneuroendocrinology*, 30 (10), 1050–1058.
- Thayer, J.F., Lane, R.D. (2009) Claude Bernard and the heart-brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33 (2), 81–88.
- Thomaz, J.R. & Nelson, J.K. (2002). *Métodos de pesquisa em atividade física*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed.
- Teixeira, L.B. (2008). Frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca e o desempenho em uma partida de xadrez. *Dissertação de mestrado*. Programa de Pós-Graduação de Psicologia da UFSC.
- Torres, B.C. & Orellana, J.N. (2010). Use of pNNx statistics in the evaluation of heart rate variability at rest and during exercise. *Archivos de Medicine del Esporte*, XXVII, 138, 255-259.
- Tremayne, P. & Barry, R.J. (2001). Eite pistol shooters: physiological patterning of best versus worst shots. *International Journal of Psychophysiology*, 41, 19-29.
- Vager, T.D. & Smith, E.E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: a metaanalysis. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 3 (4), 255-274.
- Valenza, G., Allegrini, P., Lanatá, A. & Acilingo, E.P. (2012). Dominant Lyapunov exponent and approximate entropy in heart rate variability during emotional visual elicitation. *Front. Neuroeng.*, 5, 3.
- Vanderlei, L. C. M., Silva, R.A., Pastre, C. M., Azevedo, C.M. & Godoy, M. F. (2008). Comparison of Polar S810i monitor and the ECG for analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 41(10), 854-859.

- Vanderlei, L. C. M., Pastre, C. M., Hoshi, R. A. Carvalho, T. D. & Godoy, M. F. (2009). Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, 24 (2), 205-217.
- Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L. Ingvar, M. & Petrovi P. (2012). Executive functions predicts the sucess of top-soccer payers. *PLoS ONE*, 7, 4.
- Wallace, D. F. (2006). Federer as Religious Ezperience. The New York Times, 20 de agosto.
- Wallén, M., Hasson, D., Theorell, T., Canion, B. & Osika, W. (2012). Possibilites and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 1153-1165.
- Wan, X., Natakani, H., Ueno, K., Asamizuya, T., Cheng, K. & Tanaka, K. (2011). The neural basis of intuitive best next-move generation in board game experts. *Science*, 331, 341-346.
- Wang, Z.I., Yang, I. & Ding, J.S. (2005). Application of heart rate variability in evaluation of mental workload. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, 23 (3), 182-184.
- Wangenhein, C.G. & Wangenheim, A.V. (2003). *Raciocínio baseado em casos*. Barueri, Manole.
- Weinberg, R.S. & Gold, D. (2001). *Fundamentos da psicologia do esporte e exercício*. (2ed.) Porto Alegre: Artmed Editora.
- Welsh, M.C & Pennington, B.F. (1988). Assessing frontal lobe functioning in children: Views from developmental psychology. *Develop Neuropsychol*. 4, 3, 199-230.
- Woicik, A., Moeller, J., Alia-Klein, N., Maloney, T., Lukasik, M., Yeliosof, O., Wang, J., Volkow, D. & Goldstein, Z.

- (2009). The neuropsychology of cocaine addiction: recent cocaine use masks impairment. *Neuropsychopharmacology*, 34 (5), 1112-22.
- Wolf, M.M., Varigos, G.A., Hunt, D. & Sloman, J.G. (1978). Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. *Med. J. Australia*, 2, 52-53.
- Yarrow, K., Brown, P. & Krauker, J. (2009). Inside the brain of an elite athlete: the neural process that support high achievement in sport. *Nature reviews, Neuroscience*, 10, 585-506.
- Zhong, X., Hilton, H.J., Cates, G.J., Jelic, S., Stern, Y. & Bartels, M.N. (2005). Increased sympathetic and decreased parasympathetic cardiovascular modulation in normal human with acute sleep deprivation. *Journal of Applied Physiology*, 98 (6), 2024-2032.
- Zuttin, R.S., Moreno, M.A., César, M.C., Martins, L.E.B., Cataí, A.M. & Silva, E. (2008). Avaliação da modulação da frequência cardíaca nas posturas supina e sentada de homens jovens sedentários. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 12 (1), 7-12.

ANEXO 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e documento de aprovação do Comitê de Ética.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Psicologia

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
AOS PAIS
DOS TENISTAS MENORES DE IDADE OU SEUS
RESPONSÁVEIS**

Consinto que o(a) tenista (menor de idade), neste ato representado(a) por mim, participe da pesquisa Efeitos das Funções Executivas na Variabilidade da Frequência Cardíaca em Jovens Tenistas, desenvolvida pelo Laboratório de Neurociência do Esporte e Exercício da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a coordenação do Prof. Dr. Emílio Takase* e realizada pelo doutorando Adilson André Martins Monte**.

Estou ciente de que esse estudo tem com objetivo correlacionar as funções executivas (atenção seletiva e memória de trabalho) à variabilidade da frequência cardíaca em tenistas. Tenho conhecimento de que o(a) tenista será avaliado individualmente pelo pesquisador no seu ambiente de treinamento habitual. Tenho ciência de que as avaliações transcorrerão por meio da aplicação de um software. Fui alertado(a) de que a pesquisa não trará nenhum prejuízo ao meu representado(a) ou despesas para mim. Contudo, contribuirá para o aperfeiçoamento das suas atenção seletiva e memória de trabalho.

Sei que a privacidade do(a) tenista será respeitada, ou seja, que serão mantidos em sigilo seu nome e qualquer outro dado que possa identificá-lo(a). E que me é garantido o livre acesso a quaisquer esclarecimentos sobre a pesquisa. Sei que, a qualquer hora, posso deixar de permitir a participação do(a)

tenista, sem precisar me justificar, e sem que essa decisão traga qualquer consequência para ele(a) no seu treinamento. Declaro, ainda, ter recebido uma cópia deste Termo, com o telefone e o endereço eletrônico dos pesquisadores.

Nome (tenista menor de idade)

Nome (responsável legal)

Nº RG

Data: ____/____/____

Assinatura

* Dr. Emílio Takase Tel: (48) 37218245

takase@educacaocerebral.com

** Adilson André Martins Monte Tel: (48) 96218237

adilsonmonte@yahoo.com.br

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM JOVENS TENISTAS

Pesquisador: emilio takase

Área Temática: Área 4. Equipamentos, insumos e dispositivos para saúde novos, ou não registrados no país.
Área 5. Novos procedimentos ainda não consagrados na literatura.

Versão: 2

CAAE: 05174912.6.0000.0121

Instituição Proponente:

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 128.517

Data da Relatoria: 22/10/2012

Apresentação do Projeto:

O projeto intitula-se EFEITOS DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM JOVENS TENISTAS. A pesquisa consiste de um projeto de Tese, sendo caracterizada como: experimental, de natureza aplicada, com abordagem quantitativa transversal, correlacional, descritiva e exploratória.

O projeto visa analisar em uma população de 63 sujeitos (tenistas jovens de ambos os sexos) as correlações entre as respostas fisiológicas da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e as funções executivas (FE) de tenistas durante a execução de jogo de tênis simulado.

Para tal, será construído um sistema informatizado (hardware e software) de baixo custo, material com o objetivo de avaliar e mensurar o processo de decisão; identificar e discriminar as FE dos tenistas; adquirir e processar os sinais da frequência cardíaca em tempo real e correlacionar as FE num jogo de tênis simulado com as respostas fisiológicas da VFC em tenistas.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Analisar as correlações entre as respostas fisiológicas da VFC e as FE de jovens tenistas num jogo de tênis simulado.

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-900
UF: SC **Município:** FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-4208 **Fax:** (48)3721-9696 **E-mail:** cep@reitoria.ufsc.br

Objetivo Secundário:

Construir um sistema informatizado (hardware e software) de baixo custo material com o objetivo de:

Avaliar e mensurar o processo de decisão em tenistas; Identificar e discriminar as FE de tenistas com o decorrer do tempo e adquirir e processar os sinais da frequência cardíaca em tempo real;

Correlacionar as FE num jogo de tênis simulado com as respostas fisiológicas da VFC em jovens tenistas;

Comparar as FE num jogo de tênis simulado com as respostas fisiológicas da VFC entre tenistas masculinos e femininos;

Comparar as FE num jogo de tênis simulado com as respostas fisiológicas da VFC entre tenistas de acordo com seus rankings na Federação Catarinense de Tênis (FCT);

Correlacionar os dados da VFC adquiridos pelo sistema proposto com os obtidos pelo sistema Polar Advantage NV e RS 800.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

O proponente considera a possibilidade de riscos mínimos aos participantes do projeto.

Benefícios:

Desenvolver um sistema de baixo custo para a avaliação e treinamento das funções executivas em atletas de rendimento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa será experimental e de natureza aplicada. Terá uma abordagem quantitativa transversal. Buscar-se-á estabelecer correlações entre as medidas envolvidas nesse processo de forma quantitativa.

Em relação aos objetivos, a pesquisa será descritiva e exploratória. Será também uma pesquisa correlacional em relação aos procedimentos técnicos, já que procurará identificar correlações entre o desempenho cognitivo em situações específicas (simulação de um jogo de tênis) e variáveis

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima
Bairro: Trindade CEP: 88.040-900
UF: SC Município: FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-0208 Fax: (48)3721-9698 E-mail: cisp@reitoria.ufsc.br

fisiológicas (variabilidade da frequência cardíaca) em tenistas.

O projeto pretende comparar as FE num jogo de tênis simulado com as respostas fisiológicas da VFC entre tenistas masculinos e femininos e também de acordo com seus rankings na Federação Catarinense de Tênis (FCT); dados obtidos previamente ao projeto. Finalmente, pretende correlacionar os dados da VFC adquiridos pelo sistema proposto com os obtidos por um sistema convencional utilizado para esse fim (Polar Advantage NV).

A população dessa pesquisa será constituída por homens e mulheres jovens filiados à Federação Catarinense de Tênis (FCT). A hipótese do projeto é que existam correlações entre as FE de jovens tenistas num jogo de tênis simulado e as suas respostas fisiológicas da VFC.

Em 01/06/2011 obteve-se a Informação do número de atletas filiado à FCT da categoria Infanto-juvenil: 425 tenistas. A partir dessa população calculou-se a amostra com um nível de confiança de 95%, erro máximo desejado de 5% e desvio padrão de 5%; 63 tenistas.

O projeto prevê acerca de: (1) Desfecho Primário: Serão coletados os dados fisiológicos específicos de cada tenista submetido à experimentação. (2) Desfecho Secundário: Os dados coletados no desfecho primário serão correlacionados com o desempenho das funções executivas correspondentes.

O proponente não exige sigilo sobre a proposta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Constam do processo os seguintes documentos: (1) folha de rosto, (2) declaração de compromisso da Instituição proponente e patrocinadora (HU, UFSC), (3) projeto de pesquisa estruturado reativo a projeto de Tese, (4) TCLE, (5) e formulário projeto da pesquisa.

Recomendações:

Não se aplica.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As recomendações encaminhadas pelo CEPSPH foram atendidas, com a apresentação de um novo modelo de TCLE o qual contempla um campo para obtenção do assentimento por meio da assinatura, do participante menor de idade (campo acima da assinatura do pai ou responsável legal).

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima
Bairro: Trindade CEP: 88.040-900
UF: SC Município: FLORIANÓPOLIS
Telefone: (48)3721-0206 Fax: (48)3721-0696 E-mail: cep@reitoria.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Parecer foi colocado em discussão e Aprovado no Colegiado em 22/10/2012.

FLORIANOPOLIS, 23 de Outubro de 2012

Assinado por:
Washington Portela de Souza
(Coordenador)

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima

Bairro: Trindade

CEP: 88.040-900

UF: SC


Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3721-0206

Fax: (48)3721-0696

E-mail: cep@reitoria.ufsc.br

ANEXO 2 - Exemplo de programação de *Sketch* do protótipo construído com a plataforma *arduíno* para a aquisição dos sinais de VFC pelo sistema.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "vfc1 | Arduino 1.0.4". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for saving, opening, and other functions. The main text area contains the following C++ code:

```
int led = 10; long valor1=0;long valor=0;int velho=0;int dif=0;long time = millis();

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("adilson andre martins monte");
  pinMode(led, INPUT);
  digitalWrite(10,1);
}

void loop() {
  int leitura = digitalRead(led);
  if(leitura==0) {
    digitalWrite(13, 1);
    time = millis();
    valor = time - valor1;
    dif= abs( valor - velho);
    Serial.println();
    Serial.println(valor);
    valor1= time;
    velho= valor;
    delay(250);
  } else {
    digitalWrite(13, 0);
  }
}
```

The status bar at the bottom indicates "2" on the left and "Arduino Mega 2560 or Mega ADK on COM11" on the right.

APÊNDICE 1 - Exemplo de algumas operações estatísticas utilizadas para o tratamento e análise dos resultados

Todas variáveis foram submetidas aos testes de normalidade (dados paramétricos) pelo *software Stata/SE*.

Comando *Sktest* (se a $Prob>chi^2 > 0,05$ a variável é paramétrica).

```
. sktest escoredetempogfundo
```

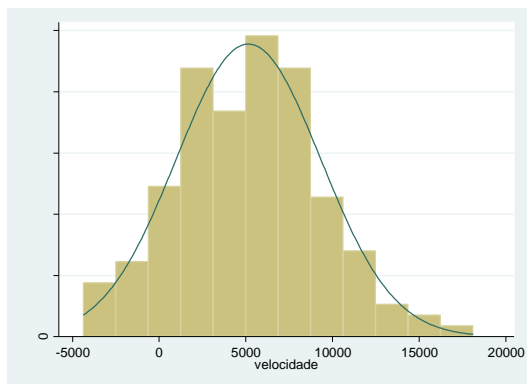
Skewness/Kurtosis tests for Normality					
Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	joint	
				adj chi2(2)	Prob>chi2
escoredete-o	152	0.2691	0.7039	1.39	0.5002

Comando *Summ, detail*: valores aceitos como paramétricos de *Skewness* devem estar entre -1 e +1 sendo 0 o ideal e de *Kurtosis* entre 1 e 5 sendo 3 o ideal.

```
. summ escoredetempogfundo, detail
```

escoredetempogfundo				
Percentiles		Smallest		
1%	-4058	-4382		
5%	-1291	-4058		
10%	-190	-3282	Obs	152
25%	1925.5	-3186	Sum of Wgt.	152
			Mean	5152.717
50%	5253.5	Largest	Std. Dev.	4173.17
75%	8187.5			
90%	10114	15493	Variance	1.74e+07
95%	12272	15960	Skewness	.2122492
99%	15960	18113	Kurtosis	3.042045

Observou-se também o histograma das variáveis.

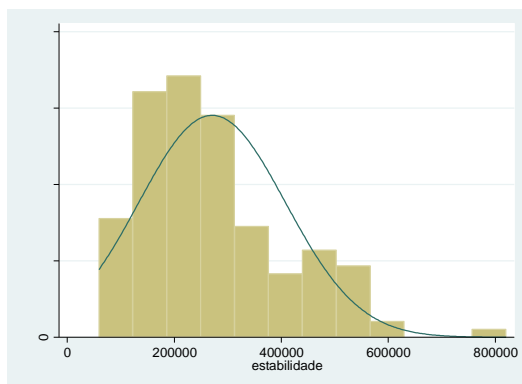


Quando alguma variável não era paramétrica, executou-se a sua transformação. Para isso, utilizou-se do comando *ladder* para verificar qual era a melhor forma de transformação recomendada.

Exemplo de transformação da variável estabilidade (estudo 2):

```
. sktest estabilidadesaque
```

Skewness/Kurtosis tests for Normality					
Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
estabilida-e	72	0.0018	0.1245	10.17	0.0062



Pelos cálculos e pelo histograma verificou-se que a variável não atendia os parâmetros de normalidade.


```
. ladder estabilidadesaque
```

Transformation	formula	chi2(2)	P(chi2)
cubic	estabi~e^3	51.64	0.000
square	estabi~e^2	34.80	0.000
identity	estabi~e	10.17	0.006
square root	sqrt(estabi~e)	1.82	0.404
log	log(estabi~e)	3.69	0.158
1/(square root)	1/sqrt(estabi~e)	5.87	0.053
inverse	1/estabi~e	11.44	0.003
1/square	1/(estabi~e^2)	26.74	0.000
1/cubic	1/(estabi~e^3)	39.98	0.000

```
.
```

Pelo comando *ladder* optou-se pela transformação logarítma da variável. Criou-se outra variável: *estabilidadesaquetrans*. As transformações das variáveis são recomendadas porque os testes paramétricos fornecem uma descrição matemática da relação e a estatística não paramétrica apenas testa a existência dessa relação.

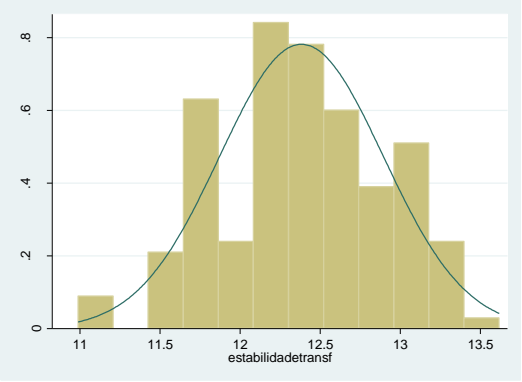
```
. gen estabilidadesaquetrans=log(estabilidadesaque)
(80 missing values generated)
```

Verificou-se a normalidade dessa nova variável.

```
. sktest estabilidadesaquetrans
```

Skewness/Kurtosis tests for Normality				
Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)
estabilida~s	72	0.4190	0.0891	3.69

```
.
```



APÊNDICE 2 - Cálculos utilizados para a comparação entre os estudos golpes de fundo (estudo 1) e saques (estudo 2).

Escore de tempo

```

.
. ttest escoredetempogfundo == escoredetemposaque, unpaired unequal

Two-sample t test with unequal variances

```

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
escore~o	152	5152.717	338.4888	4173.17	4483.931	5821.503
escore~e	72	3075.972	419.7585	3561.769	2238.998	3912.947
combined	224	4485.192	273.6694	4095.909	3945.883	5024.501
diff		2076.745	539.2327		1011.878	3141.611

```

diff = mean(escoredetempog~o) - mean(escoredetempos~e)      t = 3.8513
Ho: diff = 0          Satterthwaite's degrees of freedom = 161.291

Ha: diff < 0          Ha: diff != 0          Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 0.9999    Pr(|T| > |t|) = 0.0002    Pr(T > t) = 0.0001

```

Acurácia

```

. ttest saqueacurcia == golpesdefundoacurcia, unpaired

Two-sample t test with equal variances

```

Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
saquea~a	72	17.94444	.6291961	5.338906	16.68986	19.19903
golpes~a	152	19.14474	.3498254	4.312937	18.45355	19.83592
combined	224	18.75893	.3132952	4.688973	18.14153	19.37633
diff		-1.200292	.6674975		-2.515735	.1151498

```

diff = mean(saqueacurcia) - mean(golpesdefundoa~a)      t = -1.7982
Ho: diff = 0          degrees of freedom = 222

Ha: diff < 0          Ha: diff != 0          Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 0.0368    Pr(|T| > |t|) = 0.0735    Pr(T > t) = 0.9632

```

Estabilidade

```
. ttest saqueestabilidade == golpesdefundoestabilidade, unpaired
```

Two-sample t test with equal variances

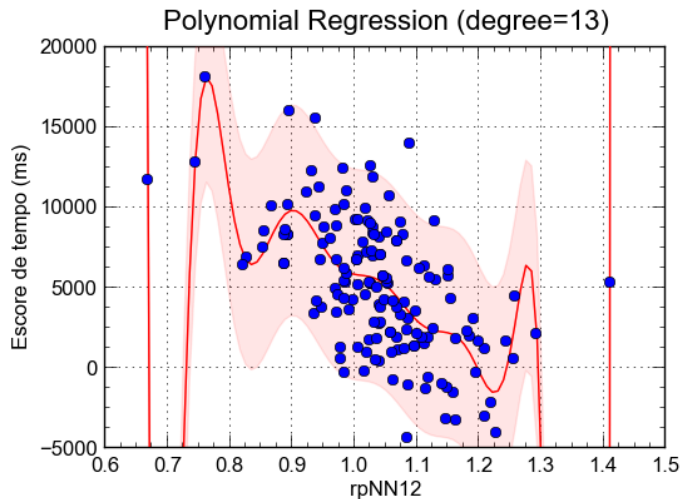
Variable	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
saquee-e	72	430786.8	13944.52	118323.2	402982.2	458591.4
golpes-e	152	11130.12	292.5264	3606.508	10552.15	11708.09
combined	224	146019.8	13863.28	207486.6	118700	173339.6
diff		419656.7	9582.682		400772	438541.3

```
diff = mean(saqueeestabilid~e) - mean(golpesdefundoe~e)      t = 43.7932
Ho: diff = 0                                           degrees of freedom = 222
```

```
Ha: diff < 0                Ha: diff != 0                Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 1.0000          Pr(|T| > |t|) = 0.0000          Pr(T > t) = 0.0000
```

APÊNDICE 3 - Cálculo das correlações realizadas pelo *software Curvexpert Professional 2.0.3* para o estudo 1.

Variável: Tempo de antecipação (escore de tempo)



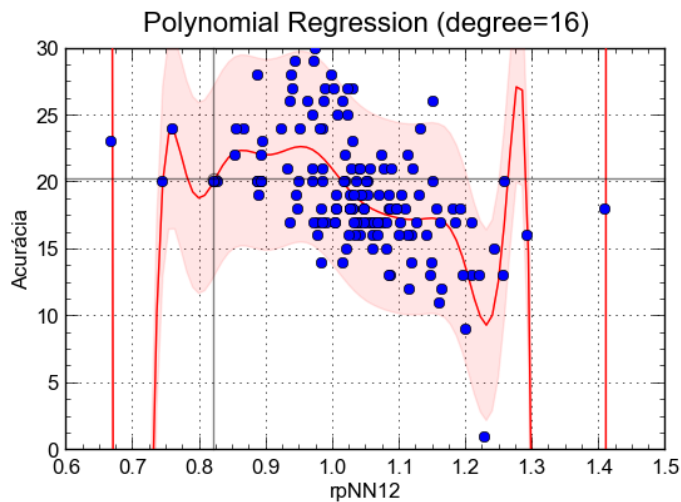
x = rpNN12.

Família matemática	Regressão Polinomial (grau=13)
Equação	$Y=a+b*x+c*x^2+...+n*x^{13}$
Erro padrão:	3,31E+03
Coefficiente de determinação(r^2):	4,24E-01
Coefficiente de correlação (r):	6,51E-01

Parâmetros:

a = -4,39E+12	i = -9,22E+15
b = 6,23E+13	j = 5,28E+15
c = -4,05E+14	k = -2,17E+15
d = 1,59E+15	l = 6,02E+14
e = -4,25E+15	m = -1,02E+14
f = 8,10E+15	n = 7,87E+12
g = -1,13E+16	
h = 1,19E+16	

Variável: Acurácia.

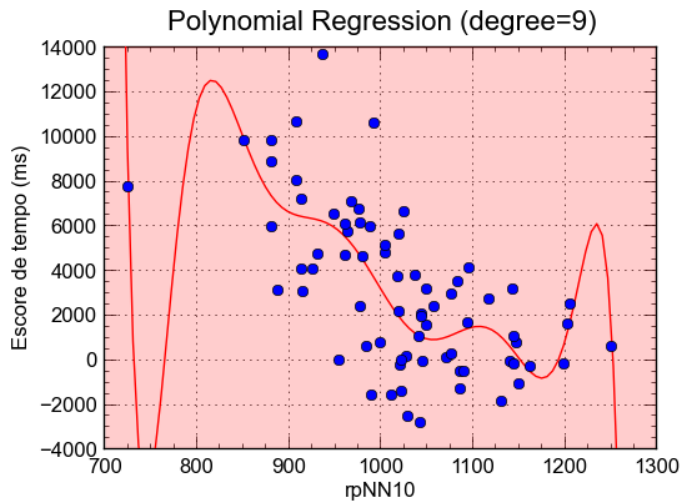


$x = \text{rpNN12}$.

Família matemática	Regressão Polinomial (grau=16)
Equação	$Y=a + b*x1 + c*x2 + \dots$
Erro padrão:	3,61E+00
Coefficiente de determinação (r^2):	3,75E-01
Coefficiente de correlação (r):	6,12E-01

APÊNDICE 4 - Cálculo das correlações realizadas pelo *software Curvexpert Professional 2.0.3* para o estudo 2

Variável: Tempo de antecipação (escore de tempo, tempo de reação)



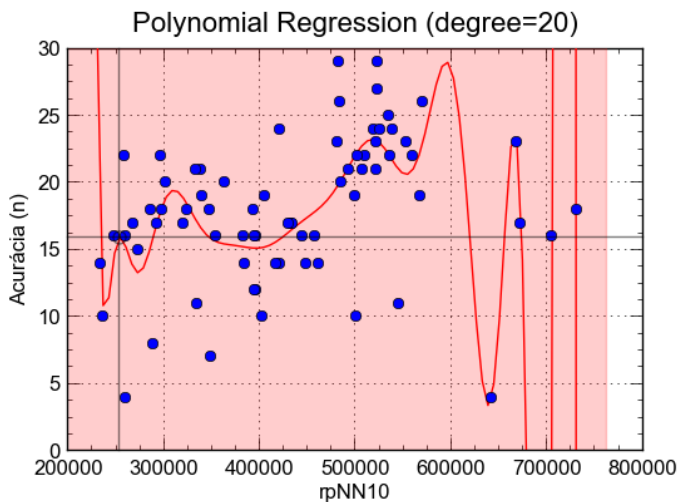
$x = \text{rpNN10}$.

Família matemática	Regressão Polinomial (grau=9)
Equação	$Y=a+b*x+c*x^2+...+n*x^9$
Erro padrão:	2,73E+03
Coeficiente de determinação (r^2):	4,86E-01
Coeficiente de correlação (r):	6,97E-01

Parâmetros:

a =	8,24E+10	f =	-1,19E-02
b =	-7,69E+08	g =	8,06E-06
c =	3,17E+06	h =	-3,50E-09
d =	-7,61E+03	i =	8,81E-13
e =	1,17E+01	j =	-9,82E-17

Variável: Acurácia.



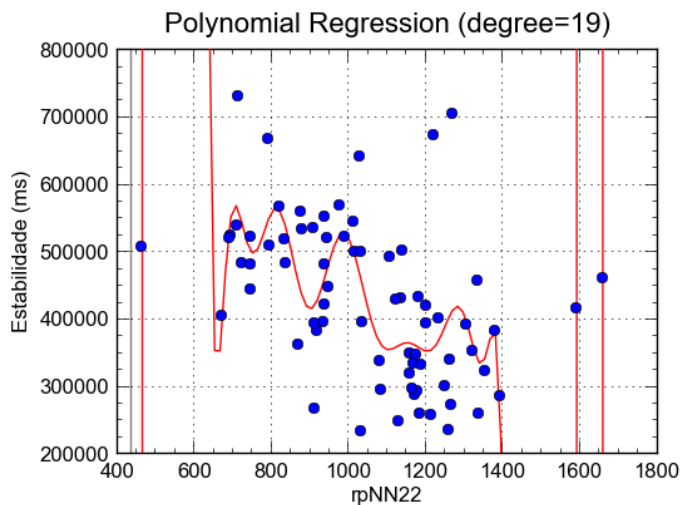
x = rpNN10.

Família matemática	Regressão Polinomial (grau=20)
Equação	$Y=a+b*x+c*x^2+...+n*x^{20}$
Erro padrão:	4,69E+00
Coefficiente de determinação(r^2):	4,46E-01
Coefficiente de correlação (r):	6,68E-01

Parâmetros:

a =	1,14E+09	L =	9,54E-51
b =	-4,33E+04	m =	-5,96E-57
c =	7,53E-01	n =	-1,20E-62
d =	-7,94E-06	o =	2,23E-68
e =	5,64E-11	p =	1,68E-75
f =	-2,83E-16	q =	-4,71E-80
g =	1,02E-21	r =	6,91E-86
h =	-2,61E-27	s =	-5,07E-92
i =	4,39E-33	t =	1,98E-98
j =	-3,65E-39	u =	-3,32E-105
k =	-2,32E-45		

Variável: Estabilidade.



x = rpNN22.

Família matemática	Regressão Polinomial (grau=19)
Equação	$Y=a+b*x+c*x^2+...+n*x^{19}$
Erro padrão:	1,08E+05
Coeficiente de determinação(r^2):	3,84E-01
Coeficiente de correlação (r):	6,20E-01

Parâmetros:

a =	-1,33E+14	k=	7,06E-14
b =	2,05E+12	L =	-3,84E-17
c =	-1,44E+10	m =	-9,99E-21
d =	6,05E+07	n =	1,79E-23
e =	-1,70E+05	o =	-3,16E-27
f =	3,33E+02	p =	-5,65E-30
g =	-4,56E-01	q =	4,72E-33
h =	4,22E-04	r =	-1,73E-36
i =	-2,26E-07	s =	3,28E-40
j =	1,51E-11	t =	-2,62E-44

APÊNDICE 5 - Relato informal sobre o desenvolvimento do projeto

Acredito que esse relato informal possa ser de utilidade para quem queira desenvolver projeto semelhante.

O cronograma foi respeitado e alguns detalhes podem ser destacados devido à particularidade do estudo e da minha formação.

Os dois anos iniciais foram dedicados aos créditos em disciplinas exigidos pelo programa (PPGP) já que possuía estudos nas áreas de engenharia elétrica, segurança do trabalho e educação física. Todos os programas (*softwares*) e lógicas computacionais foram desenvolvidos nesse período o que me possibilitou a chance de aplicar um projeto piloto antes da qualificação. Os dois anos que se sucederam foram dedicados à coleta de dados e à adaptação do sistema.

Um evento que mudou o rumo do projeto foi um encontro com os tenistas profissionais da CBT no LEC em 28/11/2012. Tenistas experientes sugeriram a mudança do conteúdo das filmagens (de golpes de fundo para saques). Sugestão que foi acatada já que não havia qualquer prejuízo ao projeto. O próprio *software* não teve severas modificações, apenas adaptações.

Outra proposta vinda dos tenistas foi a utilização do sistema no contexto de treinamento. Um treinamento virtual para a recepção de saques. Também sugeriram um *ranking* com melhores saques. Algo como os *games* em que os jogadores passam de fases sempre tentando uma mais difícil. Ganham *bonus*. Efeito motivador para o projeto. Yarrow, Brown & Krauker (2009) afirmaram que a motivação está relacionada à tomada de decisão no meio esportivo e que pode promover maiores desempenhos físicos e cognitivos.

Sobre o volume de dados: cada avaliação cognitiva foi dividida em três etapas. As 51 avaliações do estudo 2 geraram 153 pacotes de dados. Para o estudo 2 foram analisados 72 pacotes de dados relacionados à VFC e ao desempenho na tarefa de tomada de decisão. Os totais foram: 765 minutos coletados de dados referentes ao período de execução da tarefa, 255 minutos referentes à VFC de linhas de base, 4590 eventos decisórios (90 por avaliação) para o estudo 1 e 360 minutos de medições referentes ao momento de execução da avaliação cognitiva, 360

minutos às coletas durante as linhas de base (cada período de avaliação cognitiva possuía sua linha de base individual) e 2160 tomadas de decisões para o estudo 2.

E só para confirmar a aualidade do tema da pesquisa: reportagem do site oficial do Australian Open/2014, em **22/01/2013**:

***Melbourne (Austrália)** - A melhor campanha de Grigor Dimitrov em um Grand Slam chegou ao fim com uma derrota dolorida nesta quarta-feira. O búlgaro foi superado pelo espanhol Rafael Nadal nas quartas de final do Australian Open, com parciais de 3/6, 7/6 (7-3), 7/6 (9-7) e 6/2, e na coletiva de imprensa falava pausadamente, com a voz embargada ao comentar um dos pontos cruciais do duelo, quando jogou um forehand para fora que lhe daria vantagem de 2 sets a 1. O búlgaro disse:*

*“O que posso dizer? Dói. Mas depois que você toma a decisão, nunca olhe pra trás. Obviamente eu preciso colocar isso no passado. É uma jogada difícil, você sabe (em lágrimas), uma escolha difícil. Tenho certeza de que poderia ter feito diferente, mas no jogo tudo vem em **menos de um segundo**”.*